

**Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft**

PTE-S Nr. 12

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

Berichtszeitraum: 01. Januar - 30. Juni 2006

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

**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
September 2006**

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 Schachtanlage Asse
- die Stilllegung des Forschungsreaktors TRIGA Heidelberg II
- Projekt MAREN bei GKSS.

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

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

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

Da Referat 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 Schachtanlage Asse.....	21
1.5 TRIGA Heidelberg II	25
1.5 Projekt MAREN bei GKSS.....	29
2 FuE-Vorhaben „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“	33
2.1 Fördervorhaben	33
2.2 Formalisierte Zwischenberichte	35
2.3 Ausführende Forschungsstellen	81

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: 01.01.2006 bis 30.06.2006
Gesamtkosten des Vorhabens: 27,1 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Stahn

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

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

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

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

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

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

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

4.1 Erweiterte Dekontaminationsmaßnahmen

In der ersten Kalenderwoche 2006 wurde mit den Maßnahmen begonnen, die aufgrund versteckter und vorher nicht absehbarer Kontaminationen zusätzlich zu den anfangs geplanten Dekontaminationsarbeiten durchgeführt werden mussten. Im ersten Schritt wurden die zu entfernenden Wand- und Deckenstrukturen mit Hilfe einer Seilsäge vom restlichen Teil der Reaktorhalle abgetrennt. Die statische Absicherung dieser damit lose zum Gebäude stehenden Strukturen erfolgte dabei mit Hilfe von über 90 Schwerlaststützen. Im zweiten Schritt wurde dann mit den tatsächlichen Abbrucharbeiten der Wände und Decken begonnen. Um hierbei keine unbestimmten Zustände zu erhalten, die es gerade aus statischer Sicht mit Hinblick auf Personen- und Anlagengefährdung zu vermeiden galt, wurde der gesamte Abbau einer statischen Betrachtung unterzogen und ein genauer Abbruchplan erstellt, der die Abbaureihenfolge bei der Durchführung der erweiterten Dekontaminationsmaßnahmen vorgab. Mit Ende des Berichtszeitraums waren alle Betonstrukturen der Experimentierebene sowie etwa zwei Drittel der Betonstrukturen der Zwischenebene abgebaut und entsorgt.

Im Berichtszeitraum hat es einen temporären Ausfall der Freimessanlage durch Defekt eines Detektors gegeben, der auf immer häufigere Schwankungen im Stromnetz zurück zu führen ist, die ihre Ursache im stetigen Rückbau der elektrischen Stromversorgung des FRJ-1 haben. Obwohl sowohl Defekt als auch Ursache mittlerweile behoben wurden, hat der Ausfall aufgrund begrenzter Pufferlagerkapazitäten und begrenzter verfügbarer Abfallgebände sowie der erforderlich gewordenen neuen Grundkalibrierung der Freimessanlage ungeplant kostbare Abbauzeit verschlungen.

Einen weiteren Stau hat es durch einen Ausfall des Backenbrechers gegeben. Dies wurde dann zum Problem, als alle verfügbaren Klappbodenbehälter belegt waren und ihr Inhalt nicht weiter verarbeitet werden konnte. Zurzeit sind alle Geräte wieder bestimmungsgemäß im Betrieb. Dabei werden alle Anstrengungen unternommen, um so viel wie möglich an verllorener Zeit wieder aufzuholen.

Mittlerweile hat sich jedoch auch gezeigt, dass das geänderte Konzept zur Freimessung der Reaktorhalle, bei dem weit mehr an baulichen Strukturen unter Kontrollbereichsbedingungen abgebaut werden müssen als dies vorher ersichtlich war, auch zu höheren Gesamtkosten beim Abbau führen wird. Aus heutiger Sicht werden sich die Gesamtkosten für das Projekt durch diese wesentliche Änderung zur Ursprungsplanung um etwa 0,8 Mio. € erhöhen.

4.2 Fortluftkamin

Hinsichtlich des Abbaus des Fortluftkamins wurde die atomrechtliche Zustimmung am 17.08.2005 unter Nennung von 4 Maßnahmen erteilt. Diese wurden sukzessive zu Beginn des Berichtszeitraums erfüllt, so dass im April 2006 nach Erteilung der erwarteten Baugenehmigung, der Rückbau des Fortluftkamins erfolgen konnte. Hierbei wurde so vorgegangen, dass der Kamin segmentweise von innen mittels Diamantsäge zerlegt wurde. Dabei wurden die Einzelsegmente vorab an einen 400t-Kran angeschlagen und mit einer definierten Vorspannung versehen. Auf diese Weise wurde der Fortluftkamin schussweise abgebaut. Auf dem Boden angekommen, wurden dann die Einzelschüsse mit Hilfe eines Abbaubaggers so zerlegt, dass die Einzelbruchstücke konventionell entsorgt werden konnten. Wesentliches Kriterium beim Abbau des Fortluftkamins war die Freimessung und Freigabe des Fortluftkamins vor Beginn der Abbauarbeiten. Auf diese Weise konnte schließlich der Fortluftkamin unter konventionellen Bedingungen abgebaut werden.

4.3 Entsorgung von Dekontaminationsabfällen

Im zweiten Halbjahr 2005 begonnen, wurde im 1. Halbjahr 2006 die Entsorgung der restlichen noch etwa 25 % Dekontaminationsabfälle, die aus den im ersten Halbjahr 2005 stattgefundenen Dekontaminationsmaßnahmen stammten, abgeschlossen. Dies wurde jedoch erst dann möglich, als auch der Rest der ausstehenden Nuklidvektoren für die Freimessung der Materialien vom Gutachter geprüft und von der Behörde genehmigt worden war. Gerade vor dem Hintergrund der aktuell stattfindenden Entkernungsarbeiten, war dies ein notwendiger Schritt zur Schaffung zusätzlicher Pufferlagerflächen.

4.4 Maßnahmen zur Freimessung der Reaktorhalle

Im ersten Halbjahr 2006 wurden intensive Planungstätigkeiten durchgeführt, die im Detail-Ablaufplan Nr. GA 2E2/6-2 zur Freimessung der Restanlage FRJ-1 (MERLIN) resultierten. Dieser Ablaufplan, der die genaue Vorgehensweise bei Durchführung der Freimessarbeiten wiedergibt und dabei detailliert auf das Rückzugskonzept eingeht, umfasst neben der eigentlichen Reaktorhalle auch die Räume der Be- und Entlüftungsanlagen und die um die Reaktorhalle angeordneten Reaktorarbeiten. Mit Zustimmung der Behörde wurde bereits im Mai 2006 der Gutachter über den Inhalt der Planung in Kenntnis gesetzt. Dies gewährleistet nach Einreichen des offiziellen Zustimmungsantrags eine kurze Durchlaufzeit bei den maßgeblichen Stellen, so dass Engpässe in dieser Hinsicht nicht erwartet werden.

3. Geplante Weiterarbeit

Die unter Ziffer 2 beschriebenen Arbeiten werden weiter fortgeführt, bzw. nach Abschluss vorangegangener Tätigkeiten, an diese anschließend begonnen. Im Einzelnen bedeutet dies für die verschiedenen Arbeitspakete folgendes:

1. Erweiterte Dekontaminationsmaßnahmen

Die Maßnahmen werden in der 2. Jahreshälfte 2006 fortgesetzt. Soweit sich keine weiteren unvorhersehbaren Unterbrechungen bzw. Ausfälle oder Defekte einstellen, ist kurzfristig mit dem Abschluss der entsprechenden Arbeiten zu rechnen.

2. Entsorgung von Dekontaminationsabfällen

Die bislang zu etwa 75 % abgeschlossenen Dekontaminationsmaßnahmen werden nach Abschluss der Abbrucharbeiten an den Innenwänden und Decken fort- und zu Ende geführt.

3. Maßnahmen zur Freimessung der Reaktorhalle

Nach Einreichen des Detail-Ablaufplans für die Freimessung der Reaktorhalle wird aufgrund erfolgter Vorabstimmungen mit einer kurzen Durchlaufzeit beim Gutachter und der Behörde gerechnet. Nach Vorliegen der entsprechenden Zustimmung und Abschluss aller Dekontaminationsmaßnahmen wird, unter Beachtung des im Detail-Ablaufplan beschriebenen Rückzugskonzepts mit den Maßnahmen zur Freimessung begonnen.

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

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

5. Kosten

Kosten bisher (von 1996 bis 2005):	23,42 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum (geplanter Ansatz 2005, gesamt):	1,23 Mio. €
Zukünftige Kosten:	ca. 2,45 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Land 10 %

Zuwendungsempfänger: AVR GmbH, Wilhelm-Johnen-Straß3, 52428 Jülich	
Vorhabensbezeichnung: Vollständiger Abbau des AVR	
Laufzeit des Vorhabens: 1987 bis 2012	Berichtszeitraum: 01.01.2006 bis 30.06.2006
Gesamtkosten des Vorhabens: 398,7 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Rittscher

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

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

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Im Berichtszeitraum wurden die Demontagen der Systeme im Schutzbehälter weiter fortgesetzt. Die oberen Bühnen sind bis einschließlich der 25,5-m-Bühne mit Ausnahme infrastrukturell notwendiger Versorgungsleitungen für Energie, Druckluft oder Luftüberwachung freigeräumt. Auch die Komponenten der 11-m-Bühne wurden bereits zu ca. 1/3 demontiert, hier ist als radiologische Schwerpunktmaßnahme der Ausbau des H³-Behälters mit einer Gesamtaktivität von 8 x 10 E13 Bq zu nennen.

Unterhalb des Reaktors wurden die Arbeiten an der Zugabewand fertig gestellt, aktuell findet hier die Zerlegung der Entnahmewand statt. Beide Maßnahmen sind Vorbereitungen zum Ziehen des Reaktorbehälters.

Auch die vorbereitenden Arbeiten im Rahmen der Verfüllung des Reaktors mit Porenleichtbeton laufen unverändert weiter. Hier werden z. Z. die Arbeiten im Bereich Abschaltstäbe und ehemalige Kühlgas-Gebläse durchgeführt.

Bei den Bauarbeiten zur Materialschleuse sind die Fassadenelemente, mit Ausnahme eines technisch notwendigen Restbereiches, montiert. Nach Abschluss des IBS¹⁾-Programms steht die Übergabe an AVR an.

Der überarbeitete Antrag zur Genehmigung des Vollständigen Abbaus wurde im Mai durch das MWME²⁾ bekannt gemacht und ausgelegt.

Für das **RB³⁾-Lager** erfolgte die Antragstellung im September vergangenen Jahres, die Genehmigungsplanung des **Abfall-Lagers** (Halle V) wurde im März beendet.

Im Bereich der Restanlagen verlief der Betrieb im Berichtszeitraum ohne Besonderheiten.

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

Die Aufrechterhaltung des Wechselschichtdienstes aufgrund der verstärkten Bautätigkeiten wird ebenfalls fortgesetzt.

¹⁾ Inbetriebsetzung

²⁾ Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie

³⁾ Reaktorbehälter

3. Geplante Weiterarbeit

- Weiterführung der Demontearbeiten der elektro- und verfahrenstechnischen Anlagenteile im Schutzbehälter
- Fertigstellung des Abbaus der Entnahmewand der Beschickungsanlage
- Fertigstellung und Übergabe der Materialschleuse an AVR.
- 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-Juni 2006:	11,7 Mio. €
Zukünftige Kosten:	<u>146,5 Mio. €</u>
	398,7 Mio. €

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

1.2 FZ Karlsruhe

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung von Teilanlagen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB)	
Laufzeit des Vorhabens: 1994 bis 2030	Berichtszeitraum: 01.01.2006 bis 30.06.2006
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 Abfallgebinde
- 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 und Zementierung II, Bau 545
Die alte Anlage wurde bis April 2006 (Wiederinbetriebnahme der neuen LAW-Eindampfung) weiter genutzt und soll bis Ende 2006 vorgehalten werden. Die Rückbauarbeiten sind daher zurückgestellt worden. Die Stellungnahme des Sachverständigen zum Sicherheitsbericht liegt vor.

3. Geplante Weiterarbeit

LAW-Eindampfung (Bau 545): Keine Aktivitäten wegen möglicher Nutzung (s. o.); der Rückbau soll Anfang 2007 beginnen.

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

Keine

5. Kosten

Kosten bisher (von 1994 bis 12/2005):	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: 01.01.2006 bis 30.06.2006
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 Blendenverstellereinrichtung (3. SG)
5. Entsorgung des Primärnatriums und Abbau der Wechselmaschine (4. SG)
6. Abbau der Sekundärsysteme (5. SG)
7. Umstellung der E-Versorgung und Abriss von Gebäuden (6. SG)
8. Verbleibende Arbeiten zum Abbau der Primärsysteme (7. SG)
9. Abbau der Primärsysteme (8. SG)
10. Ausbau Reaktortank und Abbau biologischer Schild (9. SG)
11. Abbau Hilfssysteme, Freimessen und Abriss der restlichen Gebäude bis zur „grünen Wiese“ (10. SG)

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

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Im Rahmen der 9. SG laufen die Demontearbeiten am Reaktortank und die Planungsarbeiten für den Abbruch der Wärmeisolierung, der Primärabschirmung und des aktivierten Teils des biologischen Schildes. Seit Jahresbeginn wurde der dritte Reflektorschuss einschließlich Thermischem Schild und Schockblech abgebaut sowie mit der Demontage der oberen Gitterplatte begonnen. Es wurden 45 Waschkörbe mit Reaktortankeinbauten befüllt, 28 Waschkörbe in der Na-Waschanlage gewaschen und 26 Fässer an HDB abgegeben. Folgende Schwerpunkte der gebildeten Task-Force wurden abschlie-

ßend bearbeitet: Getriebeneukonstruktion, Fertigung und Einbau von H- und Z- Achse des Zerlegewerkzeugs; Nachrüstung Hauptfräsmodul 12; Modifikation des Spansaugers; Entwicklung eines Bergemagnetgreifers; Kameraaustausch. Mit dem letzten (8.) Nachtrag an den GU wurde auch der Vertragstermin für den Abschluss der Demontage des Reaktortanks (Paket 1) auf den 31.10.06 neu festgelegt. Dieser Termin musste wegen Ausfällen am Zerlegewerkzeug und verlängerten Fräszeiten bei massiven Bauteilen auf den 29.12.06 verschoben werden.

Um den Demontageprozess zu beschleunigen, wurden verschiedene Maßnahmen ergriffen: Planung der teilweisen parallelen Demontage der Rohrdurchführungen, Einführung Dreischichtbetrieb seit Anfang April, Untersuchung des alternativen Ausbaus des Reaktorflanschs. Ziel der 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 drei Arbeitspakete entsprechend der Abbaufolge aufgeteilt: Demontage Wärmeisolierung, Abbau und Entsorgung Primärabschirmung sowie 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 wird mit der Änderungsanzeige 09/2006 beantragt, die Spezifikation für die Lüftungsanlage wurde beim Gutachter eingereicht. Die Arbeitspakete 1 und 2 befinden sich im Status der Ausführungsplanung. Bestellt wurden bislang die Reaktorschachtabdeckung, die Lüftungsanlage sowie die Säge für die Primärabschirmung. Der Manipulator TA-40 wird z. Z. geordert, die Anfragespezifikationen für das Werkzeugträgersystem, das Hebwerkzeug für die Primärabschirmung sowie weitere Komponenten der Einhausung befinden sich in der Endredaktion. Im Rahmen der Planungen zum Abbau BioSchild wird der alternative Abbau von außen nach innen untersucht. Für den Mock-Up wurden Krannachrüstungen und -umbauten sowie Stahlbühnen im MZFR-Maschinenhaus geplant und bereits teilweise beauftragt. 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 soll im 3. Quartal 2006 vorliegen.

3. Geplante Weiterarbeit

9. SG: Demontage Reaktortank, Primärabschirmung, Biol. Schild:
 Paket I - Fortsetzung Demontage Reaktortank mit Reflektor/Thermischer Schild/
 Thermoschockblech (4. Schuss);
 Paket II - Planung/Beschaffungen zu Einhausung für Abbau Wärmeisolierung und zu
 Abbau Primärabschirmung.
10. SG: Revision Sicherheitsbericht.
 Kühlfallen: Erteilung Genehmigung.

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

Graffunder, I.; Vallentin, R.; Rütthlein, H.; Drawe, A.; Schreiner, P.; Brauer, D.: Rückholung und Zwischenlagerung der Kernbrennstoffe aus der Kompakten Natriumgekühlten Kernreaktoranlage KNK II Karlsruhe. Jahrestagung Kerntechnik 2006, Aachen, 16.-18.05.2006; Berlin, INFORUM GmbH, 2006, S.637-640.

5. Kosten

Kosten bisher (von 1992 bis 12/2005):	227,7 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	2,8 Mio. €
Zukünftige Kosten:	70,5 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: 01.01.2006 bis 30.06.2006
Gesamtkosten des Vorhabens: 290,0 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 6 Schritte sind abgeschlossen.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Trockenzerlegung Teil 3, Untere Füllkörper (UFK) und RDB- Unterteil mit Isolierung: Seit Beginn 2006 werden die unteren Füllkörper zerlegt. Der Zerlegefortschritt liegt hier aktuell bei ca. 60 % der Gesamtmasse von ca. 35 Mg. Im ersten Halbjahr 2006 wurden hierzu folgende Arbeiten durchgeführt: Reinigen der UFK von Zerlegeresten und betriebsbedingten Sedimenten; Demontage der Nasszerlegeeinrichtungen und Umrüstmaßnahmen von Nasszerlegung auf Trockenzerlegung Teil 3; Ausbau, Zerlegen mit Bandsäge und Verpacken des inneren Unteren Füllkörpers UFKi (ca. 6 t); Anschlagen an den Transportketten, Ausbau und Reinigung des äußeren Unteren Füllkörpers Teil (UFKa, ca. 29 t); Zerlegen und Verpacken des UFKa (ca. 30 t). Seit der 24. KW wird im Zwei- und Drei-Schichtbetrieb gesägt. Technische Herausforderungen infolge Trübung des RDB-Wassers während der Phase der UFK-Zerlegung, resultierend aus starken chemischen Reaktionen (Entstehung von biologischen Störungen und Umsetzung von Eisen), konnten sicher

beherrscht werden; jedoch waren hieraus folgende terminliche Auswirkungen nicht zu vermeiden. Die Möglichkeiten zur Kompensation der durch die vorgenannten Erschwernisse aufgetretenen Verzögerungen werden durch den Zerlegeablauf im Zwei-Schichtbetrieb ausgeschöpft.

Aufgrund der starken Verschmutzungen und Ablagerungen aus der Betriebszeit mussten und müssen weiterhin bis zum Entleeren des RDB-Wassers (ca. 10/2006) zusätzliche Reinigungsarbeiten durchgeführt werden. Verzögerungen für das Gesamtprojekt durch die vorgenannten Erschwernisse sind daher zu erwarten.

Für die Konzeptänderung „Komplettdemontage der RDB-Isolierung“ wird nach der aktuellen Zeitabschätzung ein zusätzlicher Zeitrahmen von ca. 8 Monaten erforderlich sein, da bislang keine gesicherten Planunterlagen über die Befestigung der Isolierung an der unteren gewölbten Kalotte des RDB-Unterteils vorliegen.

Vorbereitungsmaßnahmen zum Rückbau des Aktivierten Teils des Biol. Schilds: Das Ende 2005 beauftragte Abbruchgerät befindet sich in der Detailplanung; der Teststand zur Demontage des aktivierten Teils des Biologischen Schildes ist in der Angebotsphase. Die Ausschreibungsunterlagen für weitere erforderliche Demontageeinrichtungen zum Rückbau des aktivierten Teils des Biol. Schilds werden aktuell erstellt. Der Teststand sollte bis spätestens zur 40. KW 2006 erstellt sein, um zeitnah mit den Vorversuchen und der Personalschulung zum Abbau des aktivierten Teils des Biologischen Schildes beginnen zu können.

Das Gutachten zum 8. Stilllegungsschritt wurde vom Gutachter am 11.04.06 mit unwesentlichen Änderungen zum Entwurf vom 07.07.05 an MZFR übergeben. Die Anpassung der behördlichen Auflagen für die 7. SG an die Erfordernisse der 8. SG wurde mit Behörde und Gutachter abschließend abgestimmt.

3. Geplante Weiterarbeit

7. SG (Zerlegung RDB mit Einbauten): Trockenzerlegung Teil 3 – Fertigung der Anlage zum Anheben RDB-Unterteil mit Litzenheber, Ausschnitt im Biol. Schild; Revision Betriebshandbuch;

8. SG (Rückbau des aktivierten Teils des Biologischen Schildes, Dekont. und Abriss Gebäude): Lieferung Abbruchbagger, Fertigung Teststand Biol. Schild mit Schwerbeton-Dummy, Erhalt Genehmigung; aufgrund der Mittelsituation weitere Maßnahmen zurückgestellt.

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

Stanke, D.; Bienia, H.; Loeb, A.; Thoma, M.; Eisenmann, B.; Prechtel, E.; Süßdorf, W.; Kremer, G.; Rümenapp, T.: Contact-Arc-Metal-Cutting (CAMC): Eine junge Schneidtechnologie ist den Kinderschuhen entwachsen. Erfolgreicher Einsatz unter Wasser beim Rückbau des Mehrzweckforschungreaktors Karlsruhe (MZFR). atw, 51. Jahrgang (2006), Heft 3, S. 170-172

Stanke, D.; Loeb, A.; Bienia, H.; Thoma, M.; Eisenmann, B.; Prechtel, E.: Abschluss der Nasszerlegung des Moderator tanks und des Thermischen Schildes beim MZFR. Jahrestagung Kerntechnik 2006, Aachen, 16.-18. Mai 2006; Berlin, INFORUM GmbH, 2006, S.472-474.

5. Kosten

Kosten bisher (von 1985 bis 12/2005):	233,8 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	2,9 Mio. €
Zukünftige Kosten:	53,3 Mio. €
Geldgeber:	Bund 100 %

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung und Rückbau der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1991 bis 31.12.2014	Berichtszeitraum: 01.01.2006 bis 30.06.2006
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 Spaltproduktlösungen (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 WAG 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 (abgeschlossen).
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 der HAWC-Lageranlagen (LAVA, HWL) und der Verglasungseinrichtung Karlsruhe (VEK) nach Abschluss der HAWC-Verglasung, s. u. (in Arbeit).
5. Rückbau aller Einrichtungen des HAWC-Lagerbereiches LAVA/HWL, der VEK und der restlichen Anlagen der WAK bis zur Kontrollbereichsauflösung (Konzeptplanung in Arbeit).
6. Konventioneller Abriss der Gebäude und der restlichen Anlagen nach Aufhebung der Kontroll- und Strahlenschutzbereiche sowie Rekultivierung des Geländes.

Als Voraussetzung zur Durchführung des Rückbaus 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 $9 \cdot 10^{17}$ Bq β -, γ -Strahler und $8 \cdot 10^{15}$ 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

Das Projekt Rückbau WAK war im Berichtszeitraum überwiegend bestimmt durch die Entscheidung, ausgebaut Anlagenteile auszubringen und das Prozessgebäude in einen Zustand zu versetzen, derart, dass Überwachungs- und Restbetriebskosten wesentlich geringer werden können. Dadurch war es möglich, die zur Verfügung stehenden Finanzmittel und Kapazitäten sowohl bei der WAK GmbH als auch beim Gutachter auf die Inbetriebnahme der VEK zu konzentrieren. Es erfolgte in allen Arbeitsbereichen eine Reinigung sowie Entsorgung von verbrauchten bzw. kontaminierten Werkzeugen und Maschinen. Diese Arbeiten wurden planmäßig abgeschlossen und das Prozessgebäude in den Überwachungsstatus überführt. Die Auslagerung der Emissionsüberwachung aus dem Prozessgebäude in den Überwachungsbereich wurde einschließlich des Parallelbetriebes der Alt- und Neuanlage erfolgreich abgeschlossen. Die Genehmigung zur Demontage der MAW-Behälter wurde im Januar 2006 erteilt. Das Gewerk Leittechnik der VEK wurde abgenommen; die weiteren Inbetriebnahmearbeiten laufen. Der Umbau der Lüftungsanlage ist abgeschlossen so dass die Gesamtfunktionsprüfung wiederholt werden kann. Der Schmelzofen wurde aufgetempert, mit rd. 400 kg Startglas befüllt und befindet sich mit einer Glastemperatur von ca. 900° C in dem für den inaktiven Betrieb vorgesehenen Betriebszustand.

3. Geplante Weiterarbeit

WAK-Rückbau:

Schritt 3: Die Rückbautätigkeiten im Prozessgebäude sind nach einer Bestands- und Aufräumphase eingestellt.

Auslagerung Emissionsüberwachung u. Strahlenschutz aus dem PG: Nach Wertung des Erfahrungsberichtes durch den Gutachter zum Parallelbetrieb und entsprechende Freigabe durch die Behörde kann die alte Emissionsüberwachung demontiert werden.

Schritt 5: Innenausbau HWL-Anbau Süd. Das weitere Vorgehen zu Schritt 5 - insbesondere der Abbau der HAWC-Behälter - wird im Rahmen einer Konzeptüberprüfung in Hinsicht auf die stark gestreckte Projektabwicklung überdacht.

VEK:

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

Mängelbeseitigung: Verfahrenstechnik;

Kalte Inbetriebsetzung: Restliche Funktionsprüfungen und Inbetriebsetzung der Gesamtanlage; Ausbildung Personal für 2. TBG; inaktiver Betrieb mit ca. 15 m³ HAWC-Simulat; Zwischenlagerung: Unbedenklichkeitsbestätigung durch das BfS.

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

Keine

5. Kosten

Kosten bisher (von 7/1991 bis 12/2005):	1.212,4 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	30,7 Mio. €
Zukünftige Kosten:	801,9 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 2005</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 Elektroanlagengebäude, die Notstromdieselanlage, die Trafoanlagen, die Zellenkühltürme, die über- und unterirdischen Verbindungen u.s.w. wurden aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen. Die Brennelemente sind aus der Anlage THTR 300 abtransportiert worden. Lediglich innerhalb des Spannbetonreaktordruckbehälters befindet sich noch ein durch Entladung technisch nicht 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 2005 ist für die sicher eingeschlossene Anlage THTR 300:

- das 16. Jahr nach der Abschaltung,
- das 10. Jahr nach der Beendigung der Entladung des Reaktorkerns,
- das 8. 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 2005 war kein meldepflichtiges Ereignis zu verzeichnen.

2005 fiel in der sicher eingeschlossenen Anlage kein zu entsorgendes Abwasser an und somit trat auch keine Aktivitätsabgabe in die Umgebung über diesen Pfad ein. Die Aktivitätsableitungen mit der Fortluft sind im Vergleich mit dem Vorjahr praktisch konstant. Die genehmigten Ableitungsgrenzwerte wurden weit unterschritten. Eine Belastung der Umgebung durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus der sicher eingeschlossenen Anlage THTR 300 fand – wie auch in den Vorjahren – praktisch nicht statt. Die Messergebnisse weisen im wesentlichen Werte unter der Nachweisgrenze aus.

Aus dem Überwachungsbereich wurden diverse Kleinkomponenten (u. a. Messumformer, Nadelventile, Magnetventile, Kleinleitungen) ausgebaut und einer Hochschule für wissenschaftliche Zwecke zur Verfügung gestellt.

Weiterhin wurde ein Vorgespannter Guss-Druckbehälter (VGD-S) mit einem Gesamtgewicht von ca. 200 Mg zerlegt und der Verwertung zugeführt. Dieser Behälter war bereits während der Herstellung des sicheren Einschlusses aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen worden und konnte daher ohne Einbindung der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde abgebaut werden.

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

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:

60 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: 01.01.2006 bis 30.06.2006
Gesamtkosten des Vorhabens: 469 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Kappei

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die während der Zeit der Salzgewinnung zwischen 1916 und 1964 im Jüngerem 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

Resthohlraumverfüllung und Verfüllung des Tiefenaufschlusses

Die im April 2004 begonnene Verfüllung des Tiefenaufschlusses unterhalb der 775-m-Sohle wurde fortgesetzt. Verwendet wird dabei eigenes Salzhauwerk, welches bei Streckenauffahrungen und/oder Beraubearbeiten anfällt.

Im Berichtszeitraum wurden

- auf der 975-m-Sohle rund 28.240 Tonnen Salzhauwerk und etwa 2.400 Tonnen Diabas-Schotter eingebaut;
- die 950-m-Sohle mit rund 17.750 Tonnen Salzhauwerk und etwa 1.300 Tonnen Schotter versetzt;
- in die Kaverne am Ende von Schacht 4 rund 13.670 Tonnen Diabas-Schotter über eine Falleitung und Förderbänder eingebracht;
- in den Blindschacht 1 rund 3.420 Tonnen und in das Gelloch 3 rund 810 Tonnen Diabas-Schotter verstürzt und
- im Bereich der Dammbau-Überföhrung auf der 900-m-Sohle rund 630 Tonnen Salzhauwerk eingebracht.

Einbringung von Schutzfluid

Nach Fertigstellung der Anlagen zur Annahme und Zwischenspeicherung von Schutzfluid sowie der Rohrleitungen für den Transport von über Tage bis zur 975-m-Sohle erfolgte die Auffüllung der Porenräume des in die Zugangsstrecke zu den Salzlösungs-Speicherstrecken auf der 975-m-Sohle eingebrachten Versatzmaterials mit Schutzfluid. Von Anfang Juni 2005 bis Ende Mai 2006 wurden insgesamt rund 2.250 Kubikmeter Schutzfluid eingeleitet. In einem Bereich des ehemaligen Dammbauversuchsfeldes wurde der Porenraum im Salzhauwerk mit rund 290 Kubikmetern Schutzfluid verfüllt. Der Porenraum in der mit Schotter verfüllten Kaverne wurde mit rund 3.000 Kubikmeter Schutzfluid gefüllt.

Aufgefangene Steinsalzlösung

Im Abbau 3 auf der 658-m-Sohle wurden wieder rund 12 Kubikmeter gesättigte Steinsalzlösung täglich aufgefangen. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften der 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 mit zum Einsatz. Bislang wurden so rund 5.300 Kubikmeter Steinsalzlösung aus der Schachthanlage Asse herausgefördert.

Qualitätssicherung

Das Labor für die Qualitätssicherung von Schutzfluid/Anmachflüssigkeit und Salz-/Baustoffuntersuchungen ist fertig gestellt, vollständig eingerichtet und ging im März 2006 in Betrieb.

Strömungsbarrieren und „Stützender Versatz“

Zur Herstellung von Strömungsbarrieren und „Stützendem Versatz“ wird ein Sorelbeton mit den Hauptbestandteilen Magnesiumoxid, Steinsalz und Magnesiumchloridlösung benötigt. Die Förderanlagen für diese Komponenten wurden im Berichtszeitraum über und unter Tage vollständig errichtet. Im November 2005 wurden zwei Misch- und Pumpanlagen zur Herstellung und Förderung des fertigen Sorelbetons in Betrieb genommen. In der halbjährigen Testphase der Gesamtanlagen wurden rund 3.200 Kubikmeter Sorelbeton zur Resthohlraumverfüllung auf der 750-m-Sohle verpumpt. Die Betriebsphase begann mit dem Einbau von rund 200 Kubikmeter Sorelbeton als „Stützender Versatz“ in den Kavernenhals im Mai 2006.

Sicherheit in der Betriebsphase

Das geotechnische Kontroll- und Überwachungssystem zur sicherheitstechnischen Beurteilung der gebirgsmechanischen Ist-Zustände des Tragverhaltens der Haupttragelemente - der Pfeiler - des Grubengebäudes an der Asse-Südflanke wurde weiter betrieben. Die zeitliche Entwicklung der Spannungszustände in den Tragelementen ist nach wie vor durch ständig ablaufende Spannungsumlagerungen im Tragsystem infolge von Entfestigungsprozessen gekennzeichnet. Die installierten Spannungsmesssysteme und deren Verteilung über das Baufeld der Asse-Südflanke lassen weiterhin eine Vergleichmäßigung des Belastungszustandes über das gesamte Baufeld infolge der durch den Versatz bewirkten Konturstabilisierung der Pfeiler erkennen. Trotzdem zeigen die Verformungsmessungen an den Pfeilern nach wie vor hohe Pfeilerstauchungsraten. Im gesamten Bereich der Südflanke setzt sich der allgemeine Trend fort, dass die Stauchungsgeschwindigkeiten langsamer werden. Dies bestätigt die positive Wirkung der Versatzmaßnahme auf den Erhalt der Resttragfähigkeit der Tragelemente. Aus gebirgsmechanischer Sicht ist damit die Sicherheit der Schachthanlage Asse in der Betriebsphase gewährleistet.

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. Der revidierte Abschlussbericht „Bestimmung eines Quellterms für chemische und chemotoxische Stoffe in den Einlagerungsbereichen der Schachanlage Asse mit radioaktiven Abfällen und Versatzstoffen“ wurde der Behörde im Juli 2005 zur Prüfung übergeben. Basierend auf dem ermittelten Quellterm wurden bei der Prüfung auf Einhaltung der wasserrechtlichen Bestimmungen die Stoffe betrachtet, die zu einer schädlichen Verunreinigung des Grundwassers oder zu einer sonstigen nachteiligen Veränderung seiner Eigenschaften führen könnten. Die hierfür erforderlichen Arbeiten wurden von der Firma Buchheim durchgeführt. Der Abschlussbericht wurde der Behörde im März 2006 zur Prüfung übergeben.

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

Projekt Langzeitsicherheit

Die Arbeiten am hydrogeologischen Modell des Deckgebirges wurden fortgesetzt. Die Ergebnisse der geochemischen Untersuchungen über den Weg der zutretenden Salzlösungen im Deckgebirge sowie die Erkenntnisse aus der Tragfähigkeitsanalyse hinsichtlich der sich im Deckgebirge ausbreitenden Scherdeformationszone wurden dabei berücksichtigt.

Detaillierte Untersuchungen zum Lösungsaustausch zwischen den Einlagerungskammern zeigten, dass dieser größer ist als bisher angenommen. Daher müssen die Rechnungen zum Radionuklid-Quellterm wiederholt werden. Diese Neuberechnungen berücksichtigen auch die aktuellen Veröffentlichungen zur Löslichkeit von Plutonium. Im Anschluss an diese Rechnungen werden die bereits vorliegenden Transportrechnungen entsprechend angepasst und auf ihre weitere Gültigkeit überprüft.

1.4 TRIGA Heidelberg II

Zuwendungsempfänger: Deutsches Krebsforschungszentrum, Postfach 10 19 49, 69009 Heidelberg	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung des Forschungsreaktors TRIGA HD II	
Laufzeit des Vorhabens: 2000 bis 2005	Berichtszeitraum: 01.01.2006 bis 30.06.2006
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.

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 2009 (2012)	Berichtszeitraum: 01.01.2006 bis 30.06.2006
Gesamtkosten des Vorhabens: 36,6 Mio. €	Projektleiter: N. Stehr

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

GKSS Forschungszentrum GmbH ist Betreiber des Forschungsreaktors FRG-1 und der Landessammelstelle 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, Abwasseraufbereitungsanlage (236, 238)

- II. Kernbrennstoffe und zugehörige Reststoffe
 - OH bestrahlte Versuchsbrennstäbe (223)
 - OH-HAWC bei WAK (224)
 - FRG, Rücknahme von Abfällen aus Dounreay (233)
 - FRG, Entsorgung BE (235)

- III. Administrativer Bereich (bauliche und personalkapazitätsverstärkende Maßnahmen).

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Während des Berichtszeitraumes wurden folgende Arbeiten mit Priorität abgewickelt:

- Konditionierung feste radioaktive Abfälle (221, 231)
Konditionierungsarbeiten, 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 HEU- Miniplatten
- Aufarbeitung bestrahlter OH-Versuchsbrennstäbe (223)
Planung und Anträge zur Fertigung bzw. Einsatz Kapseln und Kapselköcher zum Transport. Anlagentechnische Ertüchtigungsmaßnahmen für die Handhabung der Brennstäbe.
- Rücknahme Dounreay (233)
Verfahrensqualifikation Produktherstellung
- Längerfristige Zwischenlagerung (227, 237, 238, 239)
Weitere Abwicklung notwendiger Wartungs- und Infrastrukturmaßnahmen (Wartung / Instandhaltung im Heißen Labor, Vorbereitung Rückbau Bleizellen im Heißen Labor, Sachverständigentätigkeit). Vorbereitung Demontage alter Kühlturm.

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, Demontage alter Kühlturm.

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, 2006: KTG2006

5. Kosten

Kosten bisher (seit 01/2002):	15,4 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	0,4 Mio. €
Zukünftige Kosten:	21,2 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	📖 36
02 S 8011	Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen. Weiterführende Untersuchungen (FORM III)	Siempelkamp, Krefeld	📖 38
02 S 8021	Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen -Abschließende Untersuchungen (EBER III)-	BAM, Berlin	📖 40
02 S 8102	Erweiterung der Einsatzgrenzen modularer Schneidtechnologien für den kostengünstigen Rückbau kerntechnischer Anlagen, EMOS	Universität Hannover	📖 42
02 S 8122	Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung	TU Dresden	📖 44
02 S 8142	Selektive Tritium-Extraktion aus Wasser und Bindung auf einen Träger	TU München	📖 46
02 S 8172	Entwicklung eines Konditionierungsverfahrens für Kernbrennstoffe aus dem Siemens-Unterrichts-Reaktor (SUR)	STEAG encotec GmbH, Essen	📖 48
02 S 8182	Untersuchungen zur Strahlenschutz-Vorsorge für radionuklidbelastetes Substrat: Mikrobieller Beitrag zur Bioakkumulation aus Bauschutt	Friedrich-Schiller-Universität, Jena	📖 50
* 02 S 8203	Genetische Wirkung dicht ionisierender Strahlen	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Darmstadt	📖 52
* 02 S 8213	Mechanismen der Zytotoxizität durch Alpha-Strahlung in humanen normalen und malignen hämatopoetischen Zellen	Universitätsklinikum Düsseldorf	📖 54
* 02 S 8223	Inaktivierung von Mdm2 nach ionisierender Strahlung – Aufklärung der Signaltransduktionskette	Universität Fride-riciana zu Karlsruhe (TH)	📖 56

02 S 8234	Vorstudie über die Rückführung der Wiederaufarbeitungsabfälle von Brennelementen deutscher Forschungsreaktoren aus der WA DOUNREAY in Schottland (RETURN)	DBE Technology GmbH, Peine	📖 58
* 02 S 8254	Checkpoint Manipulation als Strategie für den Strahlenschutz und für die Strahlensensibilisierung von Säugetierzellen	Universitätsklinikum Essen	📖 60
* 02 S 8264	Anpassung einer Ionen-Mikrostrahleinrichtung für Untersuchungen zur Dynamik von geschädigten DNA-Regionen und zur Rekrutierung von Reparaturfaktoren	Ludwig-Maximilians-Universität München	📖 62
02 S 8274	Fallversuche mit Brennelement-/HAW-Transport- und Lagerbehältern in Originalgröße	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin	📖 64
02 S 8284	Untersuchungen zur Sicherheit gegen Behälterkorrosion in Langzeitzwischenlagern	Universität Hannover	📖 66
02 S 8294	Kontrolle biologischer Untersuchungen bei der Dekontamination heterogener, schwach radioaktiv kontaminierter Geosubstrate für die Strahlenschutzvorsorge	Friedrich-Schiller-Universität Jena	📖 68
02 S 8305	Abbruch massiver Betonbauwerke der Energietechnik	Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH)	📖 70
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	Forschungszentrum Jülich GmbH	📖 72
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	Technische Universität München	📖 74
* 02 S 8335	Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung	Universität des Saarlandes	📖 76
* 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	Ludwig-Maximilians-Universität München	📖 78

* **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: 01.01.2006 bis 30.06.2006	
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)
- Entwicklung eines umfassenden Konditionierungs- und Entsorgungskonzepts unter besonderer Berücksichtigung einer späteren Qualifizierungsmöglichkeit.

Als ergänzende Arbeitsschritte sind geplant:

7. Validierung der Tritium-Freisetzung durch Messungen 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

- Konstruktion und Bau eines „Metall-Köchers“ zur Aufnahme von Be-Element Nr. 21.
- Einbringen des Elements aus der Heißen-Zellen-Anlage in die Pb-Flasche und Rücktransport des Elements zum FRM I.
- Entsorgung des entstandenen Sekundärabfalls.
- Vorbereitende Arbeiten zu den Be-Löslichkeitsversuchen.
- Abstimmung mit dem TÜV SÜD der geplanten Weiterarbeiten (H-3-Freisetzung, Modellrechnungen)

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.
- Durchführung von zusätzlichen Modellrechnungen zum Temperaturverlauf im Behälter beim Störfall „Brand“ im Endlager (liegender Behälter, Anpassung an geänderten Einsatzkorb).
- Untersuchung des Löslichkeitsverhaltens von bestrahltem Beryllium in verschiedenen Medien.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Siempelkamp Gießerei GmbH & Co., 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: 01.01.2006 bis 30.06.2006	
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

- Die Nachuntersuchungen der Werkstoffeigenschaften im Stück des Gusscontainer FORM II wurden fortgeführt. Festigkeit, Bruchdehnung und Gefüge in den Bodenhohlkehlen bestätigen die Werte aus der Hohlbohrprobe. Im Boden liegt die Bruchdehnung etwas höher. Die anderen Kennwerte des Bodens entsprechen denen der Hohlkehle.
- Größere Segmente aus den Hohlkehlen und aus dem Boden des Gusscontainer FORM II wurden ferritisierend gegläht. Ebenso ein Abschnitt der Hohlbohrstange. Der Perlitanteil nach dem Glühen blieb in der Bodenhohlkehle nahezu unverändert und verringerte sich sowohl im Boden als auch in der Hohlbohrstange nur wenig. Die Bruchdehnungen verbesserten sich an beiden Stellen. Wegen des hohen Perlitanteils auch nach dem Glühen, ist das eingesetzte GJS-Material in der bisherigen Form nicht für einen Gusscontainer für Anforderungen nach ABK II geeignet. Eine Optimierung des Werkstoffs ist erforderlich.
- Die Nachuntersuchungen der Werkstoffeigenschaften im Stück des Gussbehälter FORM III-04 wurden fortgeführt. An der Schachtoberfläche bestätigen die Zugfestigkeit und die Bruchdehnung im Gusszustand nahezu die Werte der Hohlbohrprobe, das Gefüge hat einen etwas kleineren Perlitanteil.
- Ein Segment der Behälterwand des Gussbehälter FORM III-04 wurde ferritisierend gegläht. Ebenso ein Abschnitt der Hohlbohrstange. Sowohl an der Schachtoberfläche als auch in der Hohlbohrprobe verringerte sich der Perlitanteil gegenüber dem Gusszustand an beiden Stellen von 90 % auf 30 %. Die Dehnungen stiegen an diesen zwei Stellen auf 12 % bzw. 14 %, dem 3-fachen des Gusszustands. Eine weitere Verringerung des Perlitanteils und noch größere Dehnungen müssen und können durch Optimierung der Fertigung erreicht werden. Die Eignung des FORM Materials für zylindrische Gussbehälter für ABK II Endlager-Anforderungen wird erwartet.
- 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 Gussbehälter FORM III hergestellt. Die ersten Ergebnisse aus den Hohlbohrproben zeigen, dass bei allen 4 Behältern schon im Gusszustand ein besseres Gefüge und eine höhere Bruchdehnung vorliegen.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Die 4 neuen Gussbehälter FORM III werden ferritisierend gegläht und beprobt. Außer Zugversuch und Gefügeuntersuchungen wird für alle Behälter auch die Bruchzähigkeit bestimmt.
- Die geglähten Zustände der beiden Fallversuchsbehälter aus 2005, Gussbehälter FORM III-03 und FORM III-04 werden ebenfalls auf Bruchzähigkeit untersucht.
- Anhand der Ergebnisse der Materialuntersuchungen wird über die erste Stufe der Werkstoffoptimierung entschieden und anschließend mit der ausgewählten Technik und dem als machbar erscheinenden Rezyklieranteil ein Gusscontainer Typ VII gefertigt. Segmente davon werden ferritisierend gegläht. Dieser Gusscontainer dient wie die 4 neuen Gussbehälter FORM III nur für Materialuntersuchungen, einschließlich der Bestimmung der dynamischen Bruchzähigkeit.
- Auf Basis aller Ergebnisse wird in 2007 über die 2. Stufe der Werkstoffoptimierung entschieden.
- Mit dem optimierten Werkstoff werden die beiden in erneuten Fallversuchen noch zu prüfenden zylindrischen Gussbehälter FORM III und Gusscontainer Typ VII FORM III gefertigt.

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: 01.01.2006 bis 30.06.2006	
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 (02 S 7584) und EBER II (02 S 7788) entwickelt. Zur endgültigen Absicherung der Werkstoffeinsatzgrenzen in einem sicherheitstechnischen Bewertungskonzept sollen diese Methoden unabhängig vom Endlagerstandort formuliert, auf beliebige Aufprallfundamente übertragen und auf zylindrische Lagerbehälter erweitert werden. Dazu ist die Behälterbeanspruchungsanalyse weiterzuentwickeln. Noch offene Fragen in der werkstoffmechanischen Beurteilung sollen durch experimentelle Untersuchungen an Gussbauteilen beantwortet werden. Zusammenarbeit mit der Fa. Siempelkamp Gießerei GmbH & Co. KG, Krefeld als Zuwendungsempfänger des „Forschungsvorhabens zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen – Abschließende Untersuchungen (FORM III)“, Förderkennzeichen 02 S 8011.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Die Auswertung des Fallversuchs mit dem Gussbehälter FORM III-04 wurde fortgesetzt. Dazu wurde eine numerische Nachberechnung des Versuches durchgeführt und die Spannungen und Dehnungen im Behälterkörper wurden ermittelt. Die Lage der Orte mit den höchsten Spannungen hängt von der Auftreffsituation beim Fallversuch ab. Die Gestaltung des Deckelbereiches hat ebenfalls Einfluss darauf. Bei passgenau eingesetztem Deckel liegt das Spannungsmaximum in der Wandmitte. Dieser Fall kann auch vereinfacht betrachtet werden ohne explizit modellierten Deckel. Der real immer vorhandene seitliche Spalt zwischen Deckel und Behälterkörper führt zu größerer Ovalisierung des Behälterkörpers im Deckelbereich und damit zu einer Verlagerung des Ortes höchster Spannung in der Wand von der Wandmitte hin zur Deckelseite. Damit wird auch die Lage eines einzubringenden künstlichen Werkstofffehlers beeinflusst für die bruchmechanische Bewertung der Behälterkonstruktion.
- Die Auswertung des Fallversuchs mit dem Gusscontainer FORM II wurde ebenfalls fortgesetzt durch eine numerische Nachberechnung des Versuches. Auch hier hängt die Lage der Gebiete mit höchster Spannung von der Aufprallsituation des Behälters ab. Bei ideal planem Aufprall findet man erwartungsgemäß die höchsten Spannungen in den Wandmitten des kubischen Behälters. Bei kleinen Auftreffwinkeln im Bereich weniger Grad kann sich der Ort höchster Belastung aus der Wandmitte in Richtung der angrenzenden Seitenwände verschieben. Allerdings ist eine solche Verschiebung im Allgemeinen mit einer Abnahme der höchsten Spannungen verbunden, sodass der für die bruchmechanische Analyse der Behälterkonstruktion zu betrachtende Fall in konservativer Weise weiterhin ein Werkstofffehler in der Wandmitte ist.
- Die Beanspruchungsanalyse wurde im Hinblick auf eine bessere Modellbildung für das Fallfundament fortgesetzt. Bei geringen Fallhöhen findet man eine nur geringe Einprägung des Behälterbodens in das Fundament. Dieses Verhalten lässt sich noch mit elastisch-plastischen Materialbeschreibungen erfassen. Auch der großflächige Abdruck einer zylindrischen Behälterwand kann so modelliert werden. Die geometrischen Optimierungsmaßnahmen am kubischen Gusscontainer in Form einer umlaufenden Bodenleiste können lokal zu einer Schädigung der Betonplatte des Fundamentaufbaus führen, wobei einfache plastische Modellansätze an ihre Grenzen stoßen.
- Die bruchmechanische Bewertung von Werkstofffehlern in Gussbehältern hat ergeben, dass bei den im Fallversuch auftretenden Spannungen insbesondere für hohe Anforderungen wie den 5-m-Fall auf das harte, aber dennoch nachgiebige Fundament nach den Anforderungen für das Endlager Konrad eine Erhöhung der Duktilität und der Bruchzähigkeit des eingesetzten Gusswerkstoffes mit hohem Rezyklieranteil notwendig ist (vgl. 02S8011).

4. Geplante Weiterarbeiten

- Die Beanspruchungsanalyse von kubischen und zylindrischen Gussbehältern und der Vergleich mit den Ergebnissen der Fallversuche mit originalmaßstäblichen Behältern sollen fortgeführt werden.
- Die bruchmechanische Werkstofffehlerbewertung ist fortzuentwickeln, insbesondere im Hinblick auf dynamische Berechnungen an Rissen in Bauteilen in Originalgröße.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		Förderkennzeichen: 02 S 8102
Vorhabensbezeichnung: Erweiterung der Einsatzgrenzen modularer Schneidtechnologien für den kostengünstigen Rückbau kerntechnischer Anlagen, EMOS		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2002 bis 28.02.2006	Berichtszeitraum: 01.01.2006 bis 28.02.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 1.691.437,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Bach	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Laserstrahlschneiden

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

2. Wasserabrasivstrahlschneiden

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

3. Contact-Arc-Metal-Grinding

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Laserstrahlschneiden

- Die Elektronik des Handgerätes wurde fertig verdrahtet und die Schnittstelle des LHG zum Laser fertig gestellt. Eine Höhenverstellereinrichtung der Düse wurde entwickelt und ins Handgerät integriert.
- Weitere Parallelstrahldüsen verschiedener Gurgel-Durchmesser wurden gefertigt.
- Durch schlierenoptische Untersuchungen und Kennfeldaufnahme wurden die Düsen qualifiziert.
- Mit der neu entwickelten Düsentechnik wurden Schneiduntersuchungen an Blechen bis 25 mm Dicke durchgeführt und Optimierungsmöglichkeiten der Parallelstrahldüsen aufgezeigt.

Wasserabrasivstrahlschneiden

- Die Dosiereinrichtung für Polymeradditive wurde mit einer zweiten Membranvordruckpumpe erweitert, um auch große Volumenströme mit beim Wasserabrasivstrahlschneiden zu untersuchen.
- Die weiterführenden Untersuchungen zum Einfluss von Polymeradditiven auf die Strahlstabilität und Strahlreichweite wurden durchgeführt. Dabei konnte insbesondere beim Schneiden von Hohlstrukturen ein positiver Einfluss der Polymeradditive auf die Kerbbreite aber nur ein geringer Einfluss auf die Kerbtiefe erzielt werden.
- Aus den gewonnenen Schneidergebnissen ergeben sich deutliche Steigerungen der Schneidleistung beim Trennen von Hohlstrukturen durch eine Optimierung der Betriebsparameter wie z.B. dem Düsen- und Fokussdurchmesser und dem Abrasivmassenstrom.

Contact-Arc-Metal-Grinding

- Das Stromübertragungsmodul für den Hand-Winkelschleifer wurde getestet und adaptiert.
- Untersuchungen zum handgeführten CAMG-Prozess an Atmosphäre wurden durchgeführt. Hierbei ergab sich die Anforderung an eine zusätzliche Spülströmung zum Austragen der Schmelze.
- Die Reaktionskräfte beim CAMG-Prozess an Atmosphäre wurden gemessen. Untersuchungen zur Elektrodenkühlung mit Pressluft und Inertgas haben ergeben, dass beim Atmosphäreinsatz eine Überhitzung der Elektrode vermieden werden kann.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die im Rahmen dieses Forschungsprojekts geplanten Entwicklungen und Untersuchungen wurden abgeschlossen. Der Verwendungsnachweis mit der Darstellung der erzielten Ergebnisse im Endbericht wird derzeit erstellt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

- Bach, Fr.-W., R. Versemann, H. Bienia, G. Kremer, H. Louis, D. Peter, M. Drygalla u. J. Bunte: Erweiterung der Einsatzgrenzen modularer Schneidtechnologien für den kostengünstigen Rückbau kerntechnischer Anlagen (EMOS). Extension of the limitations of use of modular designed cutting technologies for the competitive decommissioning of nuclear installations (EMOS). Conference Proceedings, KONTEC 2003, 19.-21. März 2003, S. 631-655, 2003
- Bach, Fr.-W.; R. Versemann; H. Bienia u. G. Kremer: CAMX - A High Performance Cutting Technique for Underwater Use, Conference Proceedings Waste Management Symposium 2003; Tucson, Arizona, 2003
- Bach, Fr.-W., R. Versemann, H. Bienia, G. Kremer, H. Louis, D. Peter, M. Drygalla u. J. Bunte: Extension of the limitations of use of modular designed cutting technologies for the competitive decommissioning of nuclear installations (EMOS) BMBF Research Projekt, Förderkennzeichen 02S8102, WMRA Band 28, 2003
- Louis, H., D. Peter u. C. Scheer: Entwicklung einer Durchschneidkontrolle beim Wasserabrasivstrahlschneiden. 26. AWT-Sitzung, Arbeitskreis Wasserstrahltechnologie, Hannover, 2003.
- Cabiddu, M., H. Louis, D. Peter, C. Scheer u. U. Suedmersen: Controlling the cutting process of abrasive waterjets for remote controlled systems. 17th International Conference on Water Jetting, Mainz, 2004.
- Bach, Fr.-W., H. Bienia, P. Brüggemann, G. Kremer, T. Rügenapp, u. R. Versemann: Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich der Schneid- und Abtragtechnologien, 1. Symposiums "Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen" am 09/10.03.2004 beim TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt e.V., 2004
- Fr.-W. Bach, R. Versemann, G. Kremer: Wasserhydraulik im Einsatz für den kerntechnischen Rückbau, VDMA „Informationsveranstaltung Wasserhydraulik“, Frankfurt/Main, 18. November 2004
- Haferkamp, H.; Drygalla, M.; Bunte, J. et al.: Modularised laser beam cutting technology for dismantling applications. In: IIW (VERANST.): Meeting of the Laser Cutting Working Group. TWI, Cambridge, UK, International Institute of Welding Document (IE-377-04) CI-1150-04, 15.-16.03.2004, to be published in Welding in the World
- Versemann, R.; Fr.-W. Bach, G. Kremer, P. Brüggemann: Research and Development Results for Dismantling and Decontamination Application. Waste Management Symposium WM05, Tucson Arizona, 27. Februar – 3. März 2005
- Drygalla, M.; H. Haferkamp, M. Hustedt, et al.: Neue Einsatzmöglichkeiten der Lasertechnik für Zerlegeaufgaben in kerntechnischen Anlagen. To be published in: Conference Proceedings, KONTEC 2005, 20.-22. April 2005, 2005
- Louis, H.; Peter, D.; Senne, T.: Weiterentwicklungen des Wasserabrasivstrahlschneidens als universelle Zerlegetechnik. Conference Proceedings, KONTEC 2005, Berlin, 20.-22. April 2005.
- Bach, Fr.-W.; Versemann, R.; Kremer, G.: Kontakt-Lichtbogen-Metall-Trennschleifen - ein Verfahren zum Zerlegen großer Wandstärken. Conference Proceedings, KONTEC 2005, 20.-22. April 2005, 2005
- Drygalla, M.; Haferkamp, H.; Hustedt, M. et al.: Neue Einsatzmöglichkeiten der Lasertechnik für Zerlegeaufgaben in kerntechnischen Anlagen. In: KONTEC (Veranst.): Proceedings, 6. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“, Posterpräsentation, 20.-22. April 2005, Berlin.

Zuwendungsempfänger: TU Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden		Förderkennzeichen: 02 S 8122
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2002 bis 31.03.2006	Berichtszeitraum: 01.01.2006 bis 31.03.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 1.475.389,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Knorr	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Fortführung der Untersuchungen zum Abdampf- und Kondensationsverhalten der Radionuklide Cs-137, Co-60 und Sr-85 im Temperaturbereich bis 2500° C unter Kurzzeitbedingungen (Minutenbereich). Aufstellen der Aktivitätsbilanzen nach Laserbearbeitung: Nuklide im Beton, Nuklide in der erstarrten Betonschmelze, Nuklide auf dem Elektrofilter, abgedampfte Nuklide in Abhängigkeit der Betonoberflächentemperatur/Laserleistung und der Laser-Einwirkzeit. Vorläufige Ergebnisse: Sr-85 und Co-60 können radiologisch nicht im Abgasstrom nach dem Elektrofilter nachgewiesen werden. Cs-137 dampft in geringem Maße ab. Dieser Anteil lässt sich jedoch auf Grund der im Laserstrahl erfolgten elektrischen Aufladung durch ein elektrisches Feld in unmittelbarer Nähe zum Freisetzungsort selektiv in einer Kältefalle abscheiden. Der genaue Anteil an freigesetztem Cs-137 ließ sich mit der eingesetzten Aktivitätsmenge nicht hinreichend exakt ermitteln.
- Weiterentwicklung und Erprobung der selektiven Nuklidabscheidung im elektrischen Feld (Patentanmeldung). Besondere Aspekte: Strömungsführung im Bereich des Schmelzeustrages, erforderliche elektrische Feldstärken zur sicheren Ablenkung der Radionuklide (Cs-137), bei möglichst geringer Ablagerung des nicht radioaktiven Austrages (inaktive Staubpartikel).
- Charakterisierung der verglasten Abprodukte durch Eluat-Tests: Quantifizierung der Auslaugfestigkeit. Ergebnisse: Unabhängig von der Betonqualität liegt die Auslaugfestigkeit bei den verglasten Abprodukten deutlich über der Auslaugfestigkeit der ursprünglichen Betonmatrix.
- Bestätigung, dass ein Diodenlaser unter Berücksichtigung aller Einflussgrößen (Flexibilität, Preis-Leistungs-Verhältnis, Laserwellenlänge) optimal für die Dekontamination von Betonoberflächen durch eine Abschmelztechnologie geeignet ist.
- Bestätigung, dass das angestrebte Gesamtverfahren grundsätzlich realisierbar ist.
- Fertigstellung des Abschlussberichtes.

4. Geplante Weiterarbeiten

Fortführung der Arbeiten entsprechend neuem Antrag für Folgeprojekt.

Schwerpunkte:

- Untersuchungen mit radioaktiven Proben höherer Aktivität, um so Aussagegenauigkeit der Radionuklidbilanz zu erhöhen, insbesondere für Aktivitätsbilanz Cs-137.
- Entwicklung einer zum Laserstrahl koaxialen Ausblas- und Absaugdüse mit integriertem, gekühltem Elektrofilter (= elektrostatische Kältefalle).

5. Berichte, Veröffentlichungen

Vortrag auf Tagung KONTEC 2005

Vortrag Jahrestagung Kerntechnik 2006

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: 01.01.2006 bis 30.06.2006	
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 (AP 1).
2. Austauschstöchiometrie und Austauschgeschwindigkeit bei organischen Rezeptoren (AP 2 und 3).
3. Methodenvergleich und Präzisierung des Isotopieeffekts bei der Solvent-Solute-Trennung (AP4 und 5).
4. Rückhaltevermögen organischer H-Rezeptoren (AP 6).
5. Auswahl und Studie anorganischer H-Rezeptoren (AP 7).
6. Verteilungsfaktoren und Austauschkinetik anorganischer H-Rezeptoren.
7. Abschlussbericht und Dokumentation

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Beim UA-Nehmer Uni Regensburg wurden weitere Versuche zur Optimierung der Gelfiltration mit DNA durchgeführt. Dabei sollte vor allem die Eignung einer längeren Säule getestet werden. Durch die höhere Einwaage an Sephadex kam es jedoch zu einem „Reißen“ der Säule. Mit der verbesserten Kryosublimationsapparatur wurden erste Versuche mit DNA aus Lachssperma(!) durchgeführt. Dabei wurden Verteilungsfaktoren von 2,21 gefunden, welche in der gleichen Größenordnung wie die bekannten Literaturwerte liegen (AS 3).

Die Kryosublimationsversuche mit verschiedenen Zuckermolekülen in Garching wurden fortgesetzt. Verschiedene Faktoren wurden dabei variiert. So wurde die Kryosublimationsapparatur verkleinert, um eventuelle Verluste aufgrund zu großer Oberflächen auszuschließen. Weiterhin wurde das Verhältnis von Zucker zu HTO-Lösung verändert und die eingesetzte Aktivität verringert. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Kryosublimationsversuche unabhängig von diesen Faktoren sind. (AS 4). Durch eine Veränderung der Prozessführung der HTO-Elektrolyse (Batch → Continuous Feed) wird eine deutlich einfachere und exaktere Bestimmung des Separationsfaktors und des Dampfdruck-Isotopieeffekts ermöglicht. Für Eisenkathoden werden reproduzierbar Separationsfaktoren von 25 erreicht. Der Separationsfaktor von Edelmetallelektroden liegt wie zu erwarten mit einem Wert von 5 deutlich darunter. Zusätzlich wurden für die durchgeführten Experimente die jeweiligen Emissions- und Retentionsraten berechnet, wobei auf Grund der exakt bestimmbar Verdunstungsrate von HTO aus dem System eine Differenzierung der emittierten Aktivität in Gas und Dampf möglich ist (AS 6).

Die Garchinger Ergebnisse wurden auf der Konferenz ‚Methods and Applications in Radioanalytical and Nuclear Chemistry‘ in Kona, USA in Form eines Vortrags und einer Posterpräsentation vorgestellt und zwei Veröffentlichungen eingereicht (siehe Punkt 5).

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Regensburger Gruppe wird die Kryosublimationsversuche mit DNA aus Lachssperma weiterführen und die bisherigen Versuche unter Berücksichtigung einer Lösungsmittelkorrektur erneut auswerten. Die Gelfiltrationsversuche mit längeren Sephadex-Säulen werden weitergeführt, um ein „Reißen“ der Säule zu vermeiden und so den gewünschten besseren Trenneffekt zu erzielen.

In Garching sollen nun Kryosublimationsversuche mit Algen durchgeführt werden, da diese selbst Zuckermoleküle herstellen können. Zu diesem Zweck soll eine grüne, einzellige Kugelalge (*Chlorella pyrenoidosa*) in geeignetem Medium gezüchtet und danach für Kryosublimationsversuche eingesetzt werden. Die Zucht kann sowohl in H₂O als auch in HTO durchgeführt werden, wobei im zweiten Fall auch untersucht werden kann, ob und in welchem Grad Tritium direkt in die entsprechenden Zuckermoleküle eingebaut wird.

Die weitere Entwicklung der Elektrolyseapparatur soll die bisher 2 Wochen in Anspruch nehmende Elektrolysedauer pro Versuch, bei gleich bleibender Genauigkeit der erhaltenen Messdaten, deutlich verkürzen. Des Weiteren wird der Einfluss der Elektrolytkonzentration auf den Tritiumseparationsfaktor von Eisen- und Edelmetallelektroden untersucht.

5. Berichte, Veröffentlichungen

B. Wierczinski, G. Müllen, S. Rosenhauer, A. Türler; Tritium enrichment from aqueous solutions using cryosublimation of mono- and polysaccharides, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*

J. Aign, B. Wierczinski, A. Türler: Development of a bipolar electrolysis system for tritium accumulation in HTO, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*

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: 01.01.2006 bis 30.06.2006	
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 Blenden 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 vom weiterverarbeitenden Betrieb des konditionierten Kernbrennstoffs (ANF) im Februar 2005 beantragte Zustimmung steht immer noch aus. Der Gutachter hat dazu ergänzende Unterlagen gefordert.

- AP2: Die im Dezember 2005 angelieferten beiden SUR-Kerne der TU Darmstadt und TU München wurden, zusammen mit dem ebenfalls angelieferten Blenduran Eingangskontrolliert. Zur Vorbereitung auf die thermische Behandlung wurden die SUR-Brennstoffplatten zerkleinert. Das in Simulationsversuchen inaktiv erarbeitete Verfahren der mechanischen Spaltung von PE-Scheiben wurde erfolgreich zur Zerkleinerung der SUR-Brennstoff-Platten (BP) eingesetzt. Die Thermische Behandlungsanlage wurde mit einem Venturi-Brenner ergänzt, der die rußarme Nachverbrennung entstehender Pyrolysegase ermöglicht. Seitdem traten keine Störungen mehr durch zu hohe Rußemission auf.
- AP3: Das Kohlenstoff-Analysensystem wurde aufgestellt und in Betrieb genommen. Der Veraschungsprozess für das BP-Material wurde dahin gehend optimiert, dass der Restkohlenstoff-Gehalt in dem Veraschungsprodukt (U_3O_8) mit weniger als 20 ppm Kohlenstoff deutlich unterhalb der von ANF geforderten 50 ppm für das geblendete Produkt liegt. Mit den durch die BP-Veraschung erhaltenen Blendchargen wurden Blendversuche durchgeführt. Die von ANF vorgegebene ^{235}U -Zielanreicherung von $4,70 \pm 0,05$ Massen-% wurde mit $4,706 \pm 0,010$ Massen-% eingehalten. Das Entmischungsverhalten des erhaltenen, geblendeten Produkts wurde experimentell überprüft.
- AP4: Im Mai wurde der Vertrag zwischen RCM und dem weiter verarbeitenden Betrieb (AREVA NP, ANF-Werk Lingen) über die Annahme von konditioniertem Kernbrennstoff unterzeichnet. Die EURATOM-Vertragsagentur hat dies zur Kenntnis genommen.
- AP5: Infolge der in AP1 angesprochenen genehmigungstechnischen Verzögerungen konnten die beiden restlichen SUR-Kerne aus der Staatlichen Verwahrung noch nicht zu RCM transportiert werden. Da die Staatliche Verwahrung in Hanau zum Jahresende 2005 geschlossen wurde, wurden die beiden SUR-Kerne der HS Bremen und der HAW Hamburg zunächst nach Lubmin verbracht und von dort im Juni zum FZ Karlsruhe, wo sie sich jetzt im Institut für Transurane befinden.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Die erforderlichen Änderungen der Unterlagen für das Zustimmungsverfahren für die Weiterverarbeitung sollen noch im Juli fertig gestellt und dem Gutachter zugeleitet werden. Dessen Zustimmung und die der zuständigen Behörde werden noch im 3. Quartal 2006 erwartet.
- AP2: Die beiden angelieferten SUR-Kerne werden verascht. Mit dem Blenden der aus der Veraschung erhaltenen Blendchargen wird begonnen.
- AP3: Das geblendete Produkt wird Gamma-spektrometriert und auf ^{90}Sr und Pu-Isotope analysiert. Eine ca. 30 g schwere Probe des in RCM hergestellten geblendeten Produkts wird zur Spezifikationsüberprüfung an ANF, Lingen gesandt.
- AP4: Die Verträge zwischen den weiteren (ehemaligen) SUR-Betreibern und dem Abnehmer RWE sowie zwischen diesen Betreibern und RCM sind vorbereitet. Sie sollen abgeschlossen werden, sobald die Zustimmung zur Weiterverarbeitung vorliegt.
- AP5: Der Antransport der beiden restlichen SUR-Kerne in Staatlicher Verwahrung wird vorbereitet. Weiterhin werden alle notwendigen Maßnahmen ergriffen, um daran anschließend die übrigen SUR-Kerne aller weiteren am Projekt beteiligten Betreiber in den Prozess einzubeziehen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena		Förderkennzeichen: 02 S 8182
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Strahlenschutz-Vorsorge für radionuklidbelastetes Substrat: Mikrobieller Beitrag zur Bioakkumulation aus Bauschutt		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2003 bis 30.06.2006	Berichtszeitraum: 01.01.2006 bis 30.06.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 599.999,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Kothe	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Lysimeterversuche: 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 sollte aufgebaut werden. Dies konnte allerdings wegen der Verschiebung der Einrichtung der Lysimeter noch nicht erfolgen.

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

2005/12-2006/2: Überwinterung und Belastbarkeit der Gefäßversuche durch Witterung, Untersuchung der Notwendigkeit einer Neuinokulation mikrobieller Populationen. *Erfolgreich abgeschlossen*

2006/3-5: Zwischenbericht nach der Aufstockung bzw. Fortführung: Vorbereitung der Lysimeter mit unterschiedlicher Bepflanzung/Inokulation und Beregnung (*nur sinnvoll bei Aufstockung...*). Falls notwendig, neue Substratzusammensetzung (*nicht notwendig*) und neue Inokulation (*notwendig*) der Gefäße, neues Wasserregime (*wäre gut, um Auswaschung zu untersuchen. Im letzten Jahr praktisch kein Sickerwasser*).

Insgesamt sind die Vorhabensergebnisse viel versprechend: Mais und Sonnenblume entziehen in 12 Wochen dem Substrat 25 % des Strontiums, Sonnenblume entzieht in dieser Zeit 50 % des Strontiums, wenn das Substrat zusätzlich mit dem Mykorrhizapilz inokuliert ist. Für dieses im Lysimeterversuch erzielte Ergebnis stand innerhalb der Vorhabenszeit nur eine einzige Vegetationsphase zur Verfügung.

4. Geplante Weiterarbeiten

Es wird eine Aufstockung beantragt, um die Arbeiten abschließen zu können.

Dies umfasst drei weitere Pflanzperioden zur Absicherung der Ergebnisse in den Lysimetern mit neuer Bepflanzung und Inokulation, Analyse der Sickerwasserproben und Kontrolle des Wachstums sowie Mikrobielles Monitoring über die Wachstumsperioden.

Weiterhin wird eine Pilotanlage geplant, entsprechend den Ergebnissen aus dem ersten Jahr der Lysimeterversuche bepflanzt und mit Antibiotika/Mykostatikabehandlungen zur Absicherung der Ergebnisse in einem begleitenden Gefäßversuch belegt. Erst nach mindestens drei unabhängig erhobenen Datensätzen kann eine sinnvolle und belastbare Dateninterpretation und Auswertung erfolgen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Juranek, Felix. Magisterarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Schindler, Frank. Magisterarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Reinicke, Martin. Diplomarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Schmidt A, Haferburg G, Sineriz M, Schmidt A, Merten D, Büchel G, Kothe E, 2005. Chem. Erde 65S1, 131-144.

Merten D, Geletneky J, Bergmann H, Haferburg G, Kothe E, Büchel G, 2005. Chem. Erde 65S1, 97-114.

Büchel G, Bergmann H, Ebenå G, Kothe E (2005) Chem. Erde 65S1, 1-5.

Kothe E, Bergmann H, Büchel (2005) Chem. Erde 65S1, 7-27.

Haferburg G, Reinicke M, Merten D, Büchel G, Kothe E, 2006. J. Geochem. Explor., Special Issue (Friese K, Dold B, Eds.) Biogeochemical Studies about the Environmental Impacts of Mining on Ground and Surface Waters, accepted.

Ebenå G, Kothe E, 2005. Bioleaching and microbial mineral degradation. Microbes for Biotechnol. Appl. (Varma A, Ed.) Springer, Heidelberg, in press.

Wengel M, Kothe E, Schmidt C, Heide K, Gleixner G. Sci. Total Environ., in press (Epub 14.2.2006).

Krause K, Kothe E, 2006. J. Basic Microbiol., in press.

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: 01.01.2006 bis 30.06.2006	
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

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP 1: Lymphozyten eines gesunden Spenders wurden mit 10 MeV/n Kohlenstoffionen bestrahlt und Chromosomenschäden in Metaphasezellen sowie in Interphasezellen (G2-Phase) 48 bis 96 Stunden nach der Exposition untersucht. Das Experiment bestätigt, dass die klassische Metaphasenanalyse, die 48h nach Bestrahlung der Zellen durchgeführt wird, die genetische Wirkung von dicht ionisierender Strahlung stark unterschätzt, da zu diesem Zeitpunkt nur ungeschädigte oder leicht geschädigte Zellen die erste Mitose erreichen, während die Zellzyklusprogression von schwergeschädigten Zellen stark verzögert ist: Die Aberrationsrate war 96 Stunden nach Bestrahlung 10x höher als nach 48 Stunden. Mit Hilfe der Analyse von G2-Phasezellen kann dieses Problem teilweise umgangen werden, da aberrante Zellen bevorzugt in der G2-Phase arretieren. Weiterhin wurden die Langzeitexperimente mit normalen menschlichen Fibroblasten fortgesetzt. Die detaillierte Analyse der neuen Experimente bestätigt, dass in den Nachkommen der unbestrahlten und bestrahlten Zellpopulationen *de novo* Chromosomenschäden wie Chromatidtyp-Aberrationen oder Translokationen entstehen, die auf eine genetische Instabilität hinweisen. Diese Effekte traten verstärkt in den Nachkommen der bestrahlten Zellen auf. Darüber hinaus wurde eine Methode etabliert, die es erlaubt, auf Einzelzellebene sowohl die Proteinexpression als auch das Differenzierungsstadium der entsprechenden Zelle zu bestimmen.

AP 2: Es wurden weitergehende Untersuchungen zur Strahlenempfindlichkeit von humanen B- und T-Lymphozyten durchgeführt. Sie bestätigen, dass es keine signifikanten Unterschiede in der Art oder Rate chromosomaler Aberrationen in beiden Zelltypen gibt. Darüber hinaus wurde in ruhenden und aktivierten murinen

Makrophagen die Produktion des inflammatorischen Zytokins Tumor-Nekrose-Faktor- α (TNF- α) und die Produktion von Stickstoffmonoxid (NO) nach Bestrahlung mit 9,8 MeV/u Kohlenstoffionen und 250kV Röntgenstrahlung mittels ELISA bestimmt. In der TNF- α Produktion traten keine Veränderungen auf, die NO Produktion stieg nur in aktivierten Zellen nach Kohlenstoffionenbestrahlung mit steigender Dosis an.

AP 3: Die Untersuchungen zur chromosomalen Instabilität und verzögerten Apoptose in den Nachkommen von T-Lymphozyten von 2 gesunden Spendern nach Bestrahlung mit Röntgenstrahlen oder 100 MeV/n Kohlenstoffionen wurden abgeschlossen. Eine Publikation wurde erstellt und ist bereits im Druck (siehe Punkt 5). Um die Reproduzierbarkeit der gewonnenen Daten zu überprüfen, wurde für einen der beiden Spender ein weiteres Langzeitexperiment durchgeführt und wird derzeit ausgewertet.

AP 4: Die Telomeraseaktivität wurde in Lymphozyten von 22 Strahlentherapiepatienten und 16 unbestrahlten Kontrollpersonen mittels der real-time PCR Methode bestimmt. Eine vorläufige Auswertung zeigte keine Korrelation zwischen der *in vivo* erhaltenen Strahlendosis und der Telomeraseaktivität in unstimulierten Zellen. Messungen der Telomeraseaktivität mittels der PCR-ELISA Methode konnten, aufgrund von Lieferschwierigkeiten, erst nach einer einjährigen Pause fortgesetzt werden. Darüber hinaus wurden Lymphozyten von jungen, gesunden Spendern gesammelt und unstimuliert bzw. nach PHA Stimulierung *in vitro* mit Dosen von 7 Gy bestrahlt.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP 1: Den Schwerpunkt der Arbeiten im 2. Halbjahr 2006 stellt die Untersuchung von Chromosomenschäden mittels der mFISH Analyse dar. Dies umfasst die Messung von Schäden in Lymphozyten, die *in vitro* mit 10 MeV/n Kohlenstoffionen bestrahlt wurden sowie, in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe in Göttingen (AP3), die Untersuchung von Lymphozyten von Strahlentherapiepatienten. Darüber hinaus werden die laufenden Langzeitexperimente mit normalen menschlichen Fibroblasten fortgeführt, mit dem Ziel, Informationen über den Zusammenhang von vorzeitiger Alterung, der Expression bestimmter Zellzyklusproteine (p53, p21 und p16) und dem Auftreten von genetischer Instabilität zu erhalten. Insbesondere soll die Proteinexpression in den Nachkommen bestrahlter Zellen auf Einzelzellebene untersucht werden.

AP 2: In weitergehenden Experimenten wird in Makrophagen die Produktion von NO, von Interleukin-1 β sowie die Phagozytoserate nach einer Bestrahlung mit Röntgenstrahlen sowie mit Kohlenstoffionenstrahlen genauer untersucht. Die Verifikation der für die B-Lymphozyten erhaltenen Chromosomendaten wird im Herbst dieses Jahres vorgenommen.

AP 3: Weitere Blutproben von Prostatakarzinompatienten, die sich einer kombinierten Therapie aus Kohlenstoffionen-Boost und anschließender IMRT-Röntgentherapie unterziehen, sowie von Patienten, die nur mit IMRT-Röntgentherapie behandelt wurden, werden untersucht. Unter Verwendung der 2-Farben FISH-Technik (Chromosomen Nr. 2 und Nr. 4) werden Chromosomenaberrationen bestimmt. Einige Patientenproben werden zusätzlich mit der mFISH Technik untersucht (Goe, GSI). Darüber hinaus werden die Untersuchungen der *in vitro* strahleninduzierten genomischen Instabilität in Lymphozyten-Langzeitkulturen fortgesetzt. Unter Verwendung der mFISH-Methode wird die chromosomale Instabilität für verschiedene Dosen und Kulturzeiten analysiert.

AP 4: Weil in Lymphozyten von jungen Spendern nach *in vitro* Bestrahlung eine Induktion der Telomeraseaktivität nachgewiesen wurde, dieser Effekt aber nicht in Lymphozyten älterer Patienten nach einer Strahlentherapie auftrat, soll überprüft werden, inwieweit Lymphozyten älterer Spender auf *in vitro* Bestrahlung ansprechen. Weiterhin ist geplant, die Korrelation mit Chromosomenaberrationen zu untersuchen und den Einfluss der Strahlenqualität zu testen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Eidelman Y.A., S. Ritter, E. Nasanova, R. Lee, T. A. Talyzina, S. G. Andreev: Prediction of dose response for radiation induced exchange aberrations taking cell cycle delays into account. Radiat. Prot. Dosim. (in press).

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. (submitted).

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

Lee, R.: Chromosome aberrations in human lymphocytes irradiated with heavy ions. Dissertation, Fachbereich Physik, Universität Darmstadt (2006).

Milanovic D., P. Maier, F. Wenz, C. Herskind: Changes in telomerase activity after irradiation of human peripheral blood mononuclear cells *in vitro*. Radiat. Prot. Dosim. (in press).

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 31.12.2006	Berichtszeitraum: 01.01.2006 bis 30.06.2006	
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

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP 1: Nach Generierung der Genexpressionsprofile und bioinformatischer Auswertung ergaben sich für 100 μCi Bi-213-CD20-Exposition von primären CD19+ Zellen 42, und für 200 μCi Bi-213-CD20-Exposition 67 differentiell regulierte Gene. Die Aufteilung in funktionelle Gruppen erfolgt derzeit. Erste Ergebnisse lassen einen Zellzyklusstopp und Immunantwort nach Alpha-Strahlung vermuten.

AP 2: Die Auswertung der differentiell exprimierten Gene in alpha-bestrahlten K422 Zellen nach Bi-213-CD20-Exposition wird fortgesetzt. Die Gene wurden in funktionelle Gruppen aufgeteilt.

Die bisherigen Daten lassen Interferonantwort, Zellzyklusstopp, DNA-Reparatur und evtl. Inhibition der Translation vermuten.

AP 3: Der RB1-Western-Blot wurde etabliert und an bestrahlten K422-Zellen angewendet. Die Daten zeigten weder einen Unterschied in der Proteinexpression noch im Phosphorylierungsstatus des RB1 Proteins, was einen Hinweis darauf gibt, dass RB1 eher eine untergeordnete Rolle bei der Induktion des vermuteten Zellzyklusstopps spielt. Darüber hinaus wurde ein Western Blot für das Zellzyklusprotein Cyclin E2 etabliert und an bestrahlten K422-Zellen angewendet. Die Daten zeigen eine signifikant höhere Proteinexpression des Cyclin E2 nach 24 Std. Expositionszeit mit 100 und 200 μCi Bi-213-CD20. Dieses Ergebnis könnte einen Hinweis auf einen Zellzyklusstopp in der G2 Phase geben.

AP 4: Zur Untersuchung genomweiter Methylierungsveränderungen durch ^{213}Bi wurde der „Cytosin Extension Assay“ etabliert und auf bestrahlte Proben von K422 angewendet. Es zeigte sich ein im Durchschnitt um 25% verminderter Methylierungsstatus nach Bi-213-CD20-Bestrahlung. Dieses Ergebnis lässt eine hohe Aktivierung von zahlreichen Genpromotoren vermuten. Die Immunfluoreszenztechnik zur Messung von DNA-Schäden über das Protein γH2AX wurde etabliert und wird derzeit auf bestrahlte K422-Zellen sowie bestrahlte CD19+ B-Zellen angewendet.

Zellfunktionstests mit bestrahlten K422-Zellen wurden erweitert und wiederholt. Folgende Parameter sind untersucht worden: Viabilität, Kolonien-Bildung, Proliferation, Apoptose, Zellzyklus, Expression von Oberflächenantigenen. Der Anteil der abgetöteten Zellen war Dosis-abhängig und blieb konstant über 24 Std. Dieses Ergebnis wies auf die tödliche Wirkung der initialen alpha-Treffer hin. Während der Anteil der sich in G1- und G2-befindenden Zellen nach 46 min unverändert blieb, nahm nach 24 Std. die G1-Fraktion um 14 % ab und die G2-Fraktion um 14 % zu. Eine 400 %-ige und 40 %-ige Dosis-unabhängige Zunahme der CD164 und CD47 Expression konnte nach 24 Std. gegenüber 46 min gemessen werden. Der durch Alpha-Strahlung eingetretene Klonogenitätsverlust schien ein frühes post-Bestrahlungs-Ereignis zu sein. Die bisherigen Daten lassen für Alpha-Strahlung einen nicht-apoptotischen Zelltodmechanismus in den K422-Zellen, die das antitapoptische BCL-2 Protein überexprimieren, vermuten.

AP 6: Die klinische Studie musste wegen nicht tolerierbarer Nebenwirkungen abgebrochen werden.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP 1: Die Expressionsanalysen von bestrahlten normalen CD19+ B-Zellen werden weiter biologisch ausgewertet und mit den Daten aus den Zell-Linien verglichen.

AP 2: Die Expressionsanalysen von mit Y-90-CD20 bestrahlten K422-Zellen werden ausgewertet und die funktionelle Bedeutung untersucht.

AP 3: Mit ELISA-Assays soll die Anwesenheit von zellulären immunassoziierten Botenstoffen (Zytokine, Chemokine) untersucht werden.

AP 4: Nach Bestrahlung sollen DNA-Schäden mittels Immunfluoreszenz für γH2AX -Foci untersucht werden.

AP 5: Radioprotektive Substanzen werden eingesetzt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Raschke S, Martin S, Kliszewski S, Apostolidis C, Morgenstern A, Weis M, Neumann F, Haas R, Kronenwett R. Induction of a distinct transcriptional response in B-cell lymphomas by the α -emitting radioimmunoconjugate ^{213}Bi -rituximab. *Onkologie* 2005; 28(suppl 3), 93 (abstr.)

Martin S, Weis M, Apostolidis C, Morgenstern A, Bruchertseifer F, Raschke S, Haas R, Kronenwett R. Dose- and time-dependent effects of targeted alpha radiation in human lymphoma cells. *J Nucl Med* 2006; 47(suppl 1), 627 (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 31.05.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 347.892,00 EUR	Projektleiter: Prof. Herrlich	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

Bezug zu anderen Arbeiten: Untersuchungen zur Stabilisierung des p53 Proteins nach Schädigungen der DNA bilden einen Forschungsschwerpunkt in der Arbeitsgruppe Blattner am Institut für Genetik.

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: Mittels siRNA konnten wir Akt-1 erfolgreich herunter regulieren. In Abwesenheit von Akt-1 blieb die Phosphorylierung von GSK-3 und die Mengenzunahme von p53 in U₂OS-Zellen nach ionisierender Strahlung aus.

Gleichfalls konnten wir DNA-PK durch siRNA herunter regulieren. Daraufhin blieb sowohl die aktivierende Phosphorylierung von Akt an Serin 473 als auch die Phosphorylierung von GSK-3 nach ionisierender Strahlung im Zellkern aus und die Mengenzunahme von p53 war wesentlich reduziert.

Die Mengenzunahme von p53 nach ionisierender Strahlung beruht, zumindest zum Teil, auf der Minderphosphorylierung von Mdm2. Diese Minderphosphorylierung wird (zumindest teilweise) über die Inaktivierung von GSK-3 erreicht. Die Inaktivierung von GSK-3 nach ionisierender Strahlung ist nach unseren Ergebnissen auf eine Akt-1-abhängige Phosphorylierung von GSK-3 β an Serin 9 zurück zu führen. Um diese Phosphorylierung durchführen zu können, wird Akt-1 im Zellkern aktiviert. Dies geschieht durch eine aktivierende Phosphorylierung von Akt-1 an Serin 473 durch DNA-PK. Da DNA-PK direkt durch Doppelstrangbrüche aktiviert wird, ist anzunehmen, dass wir den kompletten Signalweg charakterisiert haben.

zu B: Eine durch ionisierende Strahlung vermittelte Sumoylierung von CKI delta konnten wir abschließend nicht nachweisen. Allerdings beobachteten wir eine strahlenabhängige Assoziation von CKI delta mit einem (vermutlich) nukleären Transportprotein.

4. Geplante Weiterarbeiten

zu A: Die Ergebnisse werden für eine Doktorarbeit verwendet.

zu B: Es wird die Assoziation von CKI δ mit dem nukleären Transportprotein charakterisiert.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31224 Peine		Förderkennzeichen: 02 S 8234	
Vorhabensbezeichnung: Vorstudie über die Rückführung der Wiederaufarbeitungsabfälle von Brennelementen deutscher Forschungsreaktoren aus der WA Dounreay in Schottland (RETURN)			
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen			
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2004 bis 30.04.2006		Berichtszeitraum: 01.01.2006 bis 30.04.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 457.456,00 EUR		Projektleiter: Bollingerfehr	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen des Vorhabens wurden die Randbedingungen und Vorgaben zusammen gestellt und untersucht, die erfüllt sein müssen, damit eine Rückführung der zementierten WA-Abfälle vom schottischen Dounreay nach Deutschland möglich wird. Weiterhin waren die Fragen zu klären, die sich mit der Auswahl und Spezifikation von Transport-, Zwischenlager- und Endlagerbehältern befassen. Die Voraussetzungen und Bestimmungen für Genehmigungsverfahren von ggf. neuen Behältern waren zu untersuchen. Die Möglichkeiten zur Zwischenlagerung der zurück zu nehmenden Abfallbehälter aus Dounreay in Deutschland waren zu analysieren und darzustellen. Der Aufwand für die vollständige Rückführung der in der WA in Dounreay hergestellten Abfallgebilde war zu ermitteln. Dazu zählten die Entwicklung eines Zeitplanes und eine Kostenabschätzung für die in Frage kommenden Optionen. Auf Basis der Ergebnisse der Arbeitspakete 1 bis 7 erfolgte Ende 2005 eine Auftragsenerweiterung. Im Rahmen der Bearbeitung der zusätzlichen Arbeitspakete 1Z bis 4Z war eine Empfehlung für die zentrale Zwischenlagerung der Dounreay-Gebinde in Deutschland zu erstellen, und es waren Vorschläge für konkrete Schritte zur Rückführung der Dounreay-Abfälle zu erarbeiten. Darüber hinaus sollten rechtliche Fragen im Vorfeld von möglichen Vertragsverhandlungen mit UKAEA und Möglichkeiten der Kooperation mit betroffenen europäischen und internationalen Unternehmen abgeklärt werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

Zusätzliche APs durch Auftragsweiterung:

AP1Z: Erstellen einer Empfehlung für die zentrale Zwischenlagerung in Deutschland

AP2Z: Erarbeiten von Vorschläge für konkrete Schritte zur Rückführung der Dounray-Abfälle

AP3Z: Vorbereiten von möglichen Vertragsverhandlungen mit UKAEA

AP4Z: Abklären möglicher internationaler Kooperationen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Aufbauend auf den Ergebnissen der Arbeitspakete 1 bis 7 erfolgte die Bearbeitung der zusätzlichen Arbeitspakete 1Z bis 4Z. Die Ergebnisse wurden in einem Abschlussbericht zusammengestellt und den beteiligten Forschungseinrichtungen sowie dem Auftraggeber und Gutachtern präsentiert.

Es wurde u. a. festgestellt, dass nach Planungen von UKAEA die konditionierten Abfälle (ca. 200 Fässer) ab Mitte 2007 zur Rückführung nach Deutschland in Dounreay bereitstehen werden. Bei den Dounreay-Gebinden handelt es sich nach Feststellung des BfS um mittelradioaktive Abfälle, die gemäß Atomgesetz als ‚sonstige radioaktive Stoffe‘ gelten. Die Zwischenlagerung der max. 200 Dounreay-Gebinde bis zur vorgesehenen Endlagerung in der Schachanlage Konrad kann zur Zeit in keinem deutschen Zwischenlager ohne Änderung bestehender Genehmigungen oder baulicher Einrichtungen erfolgen. Zur Minimierung des genehmigungstechnischen und finanziellen Aufwandes wird die zentrale Zwischenlagerung aller Dounreay-Gebinde im Forschungszentrum Jülich (FZJ) oder in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) des Forschungszentrums Karlsruhe (FZK) oder eine Aufteilung auf das FZJ und die HDB empfohlen. Für den Transport der Gebinde ist ein Versandstück mit Typ B(U)-Zulassung erforderlich. Für die Endlagerung wird eine störfallfeste Verpackung der Abfallbehälterklasse II benötigt. Derzeit gibt es keinen geeigneten Transport- und Lagerbehälter für diese Gebinde. Die Beförderung zum Festland muss in jedem Fall per Schiff erfolgen. Danach ist ein Straßen- und/oder Schienentransport möglich.

Ein Abfalltausch, bei dem die Rücknahme von hochradioaktiven verglasten WA-Abfällen von British Nuclear Group Sellafield (BN-GS) anstelle der Dounreay-Gebinde mit mittelradioaktiven zementierten WA-Abfällen betrachtet wurde, wäre für die deutsche Seite vorteilhafter. Für den Fall, dass ein solcher Abfalltausch nicht zustande kommen sollte, sind für die Rückführung der Dounreay-Gebinde vertragliche Verhandlungen mit UKAEA zu führen, u. a. hinsichtlich der Zuteilung der radioaktiven Reststoffe auf Basis der vertraglichen Festlegungen sowie der Höhe und dem Zeitpunkt der Erhebung von Gebühren für die Zwischenlagerung in Dounreay. Die Vorbereitung von Vertragsverhandlungen mit UKAEA umfasste auch eine Prüfung juristischer Fragestellungen hinsichtlich bestimmter Vertragsbedingungen (Lagergebühren, Bereitstellung von Transportbehältern etc.) und hinsichtlich eines möglichen Abfalltauschs durch eine auf diesem Gebiet spezialisierte Anwaltskanzlei. Dadurch wurden erhebliche Potentiale zur Kostensenkung für die deutsche Seite aufgezeigt.

Parallel zu den Gesprächen mit UKAEA sollte eine Entscheidung über den Ort der Zwischenlagerung der Dounreay-Gebinde in Deutschland herbeigeführt werden. Direkt im Anschluss daran sollte mit der Koordination der ‚nächsten Schritte‘ für die Rückführung der Dounreay-Gebinde nach Deutschland begonnen werden.

Gespräche mit den betroffenen belgischen und australischen Unternehmen und Organisationen hinsichtlich einer möglichen Kooperation bei der Rückführung der Abfallgebinde aus Dounreay haben gezeigt, dass Interesse an Kooperationen besteht, insbesondere im Bereich der Entwicklung und Fertigung eines Transport-/Lagerbehälters.

4. Geplante Weiterarbeiten

Keine

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

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: 01.01.2006 bis 30.06.2006	
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.

*) GAMA: G2-arrest modulating activity

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1.1 Standardisierung der Wachstumsbedingungen
- AP1.2 Standardisierung der C-Med Präparation
- AP1.3 Produktion von C-Med in großem Maßstab
- AP1.4 Auswertung der G2-Arretierung in C-Med, das GAMA enthält
- AP2.1 Effekte von GAMA auf die Cdk1 Kinase
- AP2.2 Effekte von GAMA auf Cdc25C
- AP2.3 Effekte von GAMA auf ATM/Chk2 und ATR/Chk1 Pfade
- AP3.1 Bestimmung der Ladung
- AP3.2 Stabilitätstest
- AP3.3 Die Natur von GAMA
- AP3.4 Reinigungs-Strategie
- AP3.5 Sequenz-Analyse

- AP3.6 Massenspektral-Analyse
- AP4.1 Identifikation des Peptids und Vorstufenproteins
- AP4.2 Antikörper Produktion
- AP4.3 Klonierung der Gene für das Protein

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Während der letzten Finanzierungsperiode konnten wir eine Reihe von richtungsweisenden Ergebnissen erzielen, die die Erfolgsaussichten des Projektes deutlich erhöhen. Im einzelnen wurden folgende neue Erkenntnisse gewonnen:

- Durch weitere Verbesserungen in der Produktion von GAMA sind wir nun in der Lage, GAMA beinhaltende Medien herzustellen ohne die Zugabe von Serum. Das ist von großem Vorteil, zum einen, weil dadurch die geplante Reinigung wesentlich verbessert und vereinfacht wird, zum anderen, weil frisches Serum erst beim Testen zugegeben wird, was zu einem besseren Zellwachstum führt. Dadurch werden die Experimente genauer und die Reduzierbarkeit wird verbessert.
- Durch neu entwickelte Dialyseschläuche mit Molekulargewicht „cutoff“ von 500 und 100 Dalton konnten wir die Größe von GAMA nochmals bestätigen und GAMA in Lösungen mit niedriger Leitfähigkeit gewinnen. Das ist von großem Vorteil, weil wir dadurch Bedingungen schaffen, die die Charakterisierung von GAMA vorantreiben können. Unter diesen Bedingungen testen wir nun die Bindung von GAMA an verschiedenen Substraten um dadurch seine Konzentrierung zu ermöglichen.
- Wir haben bestätigen können, dass GAMA durch eine Potenzierung des G₂-Blocks wirkt, weil die beobachtete Arretierung von Zellen in der G₂-Phase des Zellzyklus durch Zugabe von Koffein rückgängig gemacht werden kann.
- Weitere Experimente konnten zeigen, dass GAMA ein sehr stabiles Molekül ist. Es kann Temperaturen von 96°C bis eine Stunde ohne erkennbare Veränderung von Aktivität überstehen. Das ist von großer Bedeutung, nicht nur für die geplante Reinigung, sondern auch für eine eventuelle Anwendung in der Zukunft.
- Im Moment werden unsere Versuche mit der Zelllinie A1-5 durchgeführt. Wir haben getestet, ob andere Zelllinien auch auf GAMA reagieren. Obwohl nicht alle von den getesteten Zelllinien einen Effekt gezeigt haben, konnten wir Zellen identifizieren, dessen G₂-Checkpoint durch GAMA Zugabe verstärkt wird.
- Eine Reihe weiterer Experimente haben Informationen über das Verhalten von GAMA gegeben und werden bei dessen Reinigung von Bedeutung sein.

4. Geplante Weiterarbeiten

Für die nächste Finanzierungsperiode werden wir die neuen Dialyseverfahren einsetzen um die Charakterisierung und möglicherweise auch die Reinigung von GAMA voranzutreiben. Der Erfolg dieser Versuche wird maßgeblich die Richtung weiterer Versuche bestimmen.

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: 01.01.2006 bis 30.06.2006	
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: Voraussetzung für die direkte Bestimmung der Treffergenauigkeit durch Zielen auf fluoreszenzmarkierte Chromatindomänen ist der Einbau eines Fluoreszenzmikroskopes in den Strahlplatz. Dieser Einbau mit den nötigen Anpassungen (Mikroskop muss 90° gekippt werden) wird gegenwärtig durchgeführt. Für die Lebendzellbeobachtung ist die Temperierung der Zellkammer am Bestrahlungsort nötig. Im Berichtszeitraum wurde hierfür eine temperierbare Strahlaustrittsnase entwickelt. Zudem wurde die Phasenkontrastbeleuchtung für das zu verwendende LCI Plan-Neofluar Öl/Immersionsobjektiv adaptiert.

AP3: Der im letzten Berichtszeitraum entwickelte Zellbehälter, bei dem die Zellen auf einem Lithium-dotierten Deckglas wachsen sollten, erwies sich auf Grund der zu geringen Lichtausbeute und den relativ langen Abklingzeiten des Szintillatormaterials als ungeeignet. Der Ionennachweis war auch bei Aufintegration der Signale unbefriedigend. Daher werden gegenwärtig verschiedene Plastiksintillatoren auf ihre Eignung getestet. In Zusammenarbeit mit Zeiss wurde die optimale Dicke dieser Plastiksintillatoren bestimmt: um die gleichen optischen Eigenschaften aufzuweisen wie ein Deckglas, muss die Dicke bei 170 µm liegen. Ein bereits als geeignet für Zellwachstum befundener Szintillator (bc420) ist leider in dieser Dicke nicht verfügbar. Die Szintillatoren bc404 und bc400 wurden ausgeschlossen, da sie im blauen Bereich emittieren, was die Mikroskopie der Zellen stören würde. Szintillator bc418 scheint wegen Emission bei 392 nm besser geeignet, aber Zellwachstumsversuche stehen für dieses Material noch aus, da noch keine Materialproben zur Verfügung standen.

Für die Bestrahlungsversuche wird das Szintillatormaterial in die Edelstahlzellkammern eingeklebt (mit einem medizinischen Spezialkleber). Da auf Grund des Szintillatormaterials keine Hitzesterilisation der Zellbehälter möglich ist, wird gegenwärtig getestet, in wie weit die Szintillatormaterialien ein gamma-Sterilisation tolerieren

AP4: Die Untersuchung von verschiedenen Reparatur- und Signalproteine auf ihre Fähigkeit zur Focusbildung nach Ionen-Mikrobestrahlung hin wurde weitergeführt. In Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe von Roland Kanaar werden gegenwärtig geeignete Zelllinien für Lebendzellversuche ausgetestet.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1: Die Anpassung des Mikroskops soll weitergeführt werden. Sobald dieses einsatzfähig ist, soll die Treffergenauigkeit beim individuellen Zielen bestimmt werden.

AP3: Nach Vorversuchen mit der neuen Zellkammer in Hinblick auf Zellüberleben und Maßanfertigung der benötigten Plastiksintillatoren soll die Zellkammer am Strahlplatz getestet werden.

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

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

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 31.07.2006	Berichtszeitraum: 01.01.2006 bis 30.06.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 335.036,00 EUR	Projektleiter: Dr. Droste	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Untersuchungen zur Kinematik des Testbehälteraufpralls in Abhängigkeit von Fallposition, Behälterdesign und Modellgröße
- Erprobung des optischen Weg- und Geschwindigkeitsmesssystems zur messtechnischen Erfassung von Deformationen und Wegänderungen von dynamisch beanspruchten Behälterkomponenten und -bauteilen
- Analyse von Messergebnissen aus durchgeführten Fallprüfungen
- Auswertung der Dichtheitsprüfung aller Dichtsystembestandteile vor und nach den Fallversuchen
- Beurteilung der Schadensdokumentation der Fallprüfungen und Messung entstandener plastischer Verformungen sowie Foto- und Videodokumentation
- Erstellung eines vollständigen, dreidimensionalen FE-Berechnungsmodells eines Behälters inkl. stoßdämpfender Bauteile
- Abschluss der Verifikation des analytischen Verfahrens

4. Geplante Weiterarbeiten

Unter der Voraussetzung, dass das Vorhaben entsprechend dem Verlängerungs- und Aufstockungsantrag der BAM vom 09.05.2006 über den 31.07.2006 hinaus verlängert und aufgestockt wird, sind folgende weitere Arbeiten geplant:

- Vergleich der Modellbehälterversuchsergebnisse mit Originalbehälterversuch
- Durchführung von Holzuntersuchungen (Beschaffung der Proben, Versuchsplanung, Durchführung und Auswertung der Versuche)
- Rechnungen mit dreidimensionalen Modellen
- Ermittlung der Sicherheitsreserven
- Kooperation BAM/US NRC (Austausch und Vergleich von Versuchs- und Berechnungsergebnissen)

5. Berichte, Veröffentlichungen

K. Müller, F. Wille, B. Droste, Drop testing of spent fuel transport packages – experiences, applications, developments. WNTI - World Nuclear Technology Institute, June 06-08, 2006, Essen, Germany

Zuwendungsempfänger: 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: 01.01.2006 bis 30.06.2006	
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

- Fortsetzung der Auslagerungsversuche von Modellwerkstoffen in Modellumgebungen.
- Bau von Modellbehältern und Inbetriebnahme des Modellbehälter-Versuchsstands.
- Schadensreproduktion an den Modellbehältern unter Verwendung einer hochkonzentrierten Metallsalz-Lösung.
- Materialcharakterisierung an den drei von der GNS zur Verfügung gestellten, unbenutzten Altgebinden (2 Stück 400 l Fass „KHZ 259“ bzw. „KHZ 272“, 1 Stück 200 l Fass „VL 021383/1“), z.B. Ermittlung der verwendeten Werkstoffe mittels GDOS, zerstörungsfreie Schichtdickenbestimmung der aufgetragenen Korrosionsschutzschicht.
- Metallografische Analyse des Probenmaterials (Licht- und Rasterelektronenmikroskopie).
- Ermittlung mechanischer Kennwerte an unbelasteten Werkstoffproben im Zugversuch gemäß DIN EN 10002.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Fortsetzung der Korrosionsversuche mit den Modellbehältern.
- Schadensanalyse an den Modellbehältern unter Verwendung metallografischer Methoden.
- Korrosionsversuche zur Schadensreproduktion mit Probenmaterial, das den von der GNS zur Verfügung gestellten Altgebinden entnommen wurde.
- Elektrochemische Messungen an korrodiertem Material.
- Ermittlung mechanischer Kennwerte im Zugversuch (DIN EN 10002) an korrodierten Proben.

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: 01.01.2006 bis 30.06.2006	
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 Analyse Zwecken 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 Lysimeterversuchen werden die Transferfaktoren für ^{90}Sr und ^{137}Cs an Substraten der Gessenwiese und des Freigeländes des VKTA Rossendorf untersucht (dieser Ver-

such sollte ursprünglich von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft München durchgeführt werden. Da die Abteilung Strahlenschutz geschlossen wurde, soll der Versuch nun vorbehaltlich der Genehmigung des Projektträgers von der VKTA Rossendorf durchgeführt werden.)

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Laborarbeiten:

Der modifizierte Säulenstand wurde und wird in vollem Umfang für die Freisetzungs- und Sorptionsversuche genutzt. Dabei kommen verschiedene Geosubstrate des Standortes Gessenwiese zum Einsatz. Der mikrobielle Einfluss wird durch Inokulation eines Säulenpaares mit zwei schwermetallresistenten Stämmen (*S. acidiscabies* und *S. tendae*) im Vergleich zu einem nicht inokulierten Säulenpaar untersucht. Beide Stämme wurden auch im Geländemaßstab im Rahmen der Pflanzversuche verwendet. Voruntersuchungen zeigten, dass für die Säulenversuche (ohne Zusatz Ionenstärke-erhöhender Substanzen) Substrat mit guter hydraulischer Leitfähigkeit (Vermeidung des Korngrößensbereiches Ton bis Feinsilt) verwendet werden sollte, da es sonst zur Verblockung innerhalb der Säule bzw. Verstopfung der Filteranlagen kommt. Das bereits untersuchte Substrat entsprach zwar diesen Anforderungen, besaß aber relativ geringe Konzentrationen an Schwermetallen (besonders auch SEE) und Radionukliden. Deshalb werden die Versuche mit einem weiteren Substrat wiederholt, welches beiden Anforderungen ausreichend entspricht. Zudem wird der Versuchsaufbau weiter optimiert (Ionenstärke-Erhöhung feinkörniger Geosubstrate durch KCl). Parallel dazu wurden Batchversuche mit verschiedenen Geosubstraten und zusätzlicher Inokulation von Biomasse durchgeführt (Tages- bzw. Monats-Maßstab). Alle Untersuchungen wurden weitgehend an die Behandlung der Feld-Proben angepasst, um Labor-Feld-Vergleiche zu ermöglichen.

In Topfversuchen wurden die Effekte der mikrobiellen Behandlung auf die Pflanzversuche unter kontrollierten Umweltbedingungen (Temperatur, Licht, Wasserzugabe) untersucht (Versuch läuft bis Ende der Vegetationsperiode).

Feldarbeiten:

Das Untersuchungsprogramm der Grund- und Sickerwässer wurde an den vorhandenen Anlagen und Messstellen weitergeführt, um zeitliche Variationen zu ermitteln. Für die aktuelle Vegetationsperiode wurden die Plots des Testfeldes analog zum letzten Jahr mikrobiell behandelt und mit der gleichen Aussaat (Mischung: *Festuca rubra*, *Melilotus albus*) versehen. Die Aufschluss- und Analysearbeiten an Proben der Biomasse aus der vergangenen Vegetationsperiode (Kleinlysime-terversuche, Feldversuche) wurden zu großen Teilen abgeschlossen.

Die Pflanzversuche in der Containeranlage in Rossendorf werden in der aktuellen Vegetationsperiode durchgeführt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Für die Säulenversuche erfolgt der Einbau des aus den Vorversuchen ermittelten Geosubstrates ab Mitte August. Für den Fortgang der Batch- und Säulenversuche wird erneut Biomasse kultiviert. Nach dem Ende der Vegetationsperiode wird die Biomasse (Topfversuche, Feldversuche) chemisch aufgeschlossen und auf Haupt- und Spurenlemente (insb. Radionuklide und SEE) analysiert.

Die Gewinnung von Wasserproben (Grundwasser, Bodenwasser) wird systematisch fortgesetzt.

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: 01.01.2006 bis 30.06.2006	
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. Im Ergebnis der Forschungsarbeit soll ein Leitfaden entstehen, aus dem unter Berücksichtigung der jeweiligen Möglichkeiten und Randbedingungen diejenige Abbruchmethode ersichtlich wird, die den anzusetzenden Maßstäben am nächsten kommt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Forschungsprojekt ist in 3 Arbeitsschwerpunkte (AS) gegliedert:

AS I: Sichtung, Auswertung und Archivierung des nationalen und internationalen Informations- und Datenmaterials zur Thematik des Forschungsvorhabens

AS II: Entwicklung einer umfassenden Matrix zur vergleichenden Darstellung und Bewertung der identifizierten Abbruchverfahren

AS III: Erarbeitung eines Leitfadens als Entscheidungshilfe zur Auswahl geeigneter objektbezogener Abbruchverfahren oder auch Verfahrenskombinationen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AS I:

Die Zusammenstellung, Sichtung und Auswertung der vorliegenden nationalen und internationalen Literaturquellen ist mittlerweile so weit fortgeschritten, dass – wie im Terminplan vorgesehen – mit dem Anlegen einer Datenbank mit den maßgebenden technologischen Parametern der recherchierten Abbruch- und Dekontaminationsverfahren begonnen werden konnte. Da zu den meisten dieser Verfahren inzwischen ausreichende Angaben vorliegen, ist die Beschaffung weiterer Literaturquellen nicht mehr Schwerpunkt der Tätigkeiten in diesem Forschungsprojekt. Selbstverständlich werden wichtige Literaturquellen auch weiterhin in die Literatursammlung aufgenommen und in der Auswertung entsprechend berücksichtigt.

Die angelegte Datenbank wird laufend um Angaben und Informationen aus den bereits vorhandenen sowie aus neu hinzugekommenen Quellen erweitert. Bei den aufgenommenen Daten handelt es sich im Wesentlichen um Leistungs- und Kostendaten sowie um Empfehlungen und Erfahrungen hinsichtlich der Einsetzbarkeit und Praxistauglichkeit der Verfahren. Um die angestrebte gegenseitige Vergleichbarkeit der gesammelten Daten verschiedener Verfahren sicherzustellen, ist bzw. war hier in der Regel eine Aufbereitung (Normierung) der „Rohdaten“ aus den Quellen durchzuführen.

AS II:

Im Mittelpunkt der zum AS II gehörenden Tätigkeiten stand die Entwicklung einer Matrix zur vergleichenden Darstellung und Bewertung der identifizierten Abbruch- bzw. Dekontaminationsverfahren. Neben der zunächst vorgesehenen Bewertung in Anlehnung an die Richtlinie VDI 2225 wird inzwischen als weitere Option eine entsprechend an die Zielsetzung des Forschungsprojekt angepasste Vorgehensweise nach „Zimmermann“ geprüft. Hierbei handelt es sich um ein Konzept zur Bewertung von Zerlegeverfahren u. a. für Betonbauteile, welches bereits im Rahmen der Stilllegung des FR-2 herangezogen worden ist. Modifizierungsbedarf besteht im Wesentlichen bei der in diesem Bewertungskonzept gewählten Einteilung von Betonarten und Bewehrungsgraden.

Zur Ergänzung der aus Literaturquellen gewonnenen Erkenntnisse waren Besuche in derzeit im Rückbau befindlichen kerntechnischen Anlagen und die Kontaktaufnahme mit den verantwortlichen Planern vorgesehen. Diesbezüglich fanden im Berichtszeitraum mehrere Besuche im KNK des Forschungszentrums Karlsruhe statt, bei denen u. a. die bisherigen Erfahrungen beim Abbruch des dort eingesetzten „Stahlkugelbetons“ erörtert werden konnten.

Zudem wurden Vorarbeiten zu dem im letzten formalisierten Zwischenbericht (2. Halbjahr 2005) vorgestellten Befragungskonzept durchgeführt.

In den Berichtszeitraum fiel auch die Mitarbeit bei der Erstellung des unter Kapitel 5 aufgeführten Kongressbeitrags, der voraussichtlich im September 2006 veröffentlicht wird. Darin werden u. a. erste Forschungsergebnisse dieses Projekts vorgestellt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Im Wesentlichen sind folgende Tätigkeiten vorgesehen:

- Fortsetzung der Auswahl und der Entwicklung von Bewertungsmatrizen und des Befragungskonzepts,
- Fortsetzung der Kontaktaufnahme bzw. der Gespräche mit verantwortlichen Planern von Rückbauprojekten zur ergänzenden Informationsbeschaffung,
- Besuche in derzeit im Rückbaustadium befindlichen kerntechnischen Anlagen sowie
- Veröffentlichung von weiteren Forschungsergebnissen dieses Projekts im Rahmen der „KONTEC 2007“.

5. Berichte, Veröffentlichungen

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.

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: 01.01.2006 bis 30.06.2006
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 Nuklearabfallgebinden.
- 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

Wie schon im letzten Berichtszeitraum vermerkt, ist die Codierung des Moduls zur numerischen Berechnung der Ortsdosisleistung an Nuklearabfallgebinden abgeschlossen. Das Modul wurde in die Gesamtsoftware integriert und an die Benutzeroberfläche angeschlossen. Mit der Validierung wurde begonnen. Erste Simulationsergebnisse zeigen nur geringe Abweichungen von Literaturwerten.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Validierung wird fortgesetzt und dokumentiert. Die Validierung wird, neben Plausibilitätstests und Integritätsprüfungen, insbesondere durch Vergleich mit Literaturwerten erfolgen.

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: 01.01.2006 bis 30.06.2006
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

Grundlegende Routinen für die Übernahme von CT-Daten des Integrierten Tomographie Systems bei RCM wurden entwickelt und befinden sich in der Testphase. Nach erfolgreichem Abschluss werden sie in die Gesamtsoftware integriert.

Für eine verbesserte Objekterkennung in Digitalen Radiographien wurden verschiedene Routinen aus der Bildverarbeitung getestet. Einige Erfolg versprechende Ansätze werden derzeit ausführlicher getestet und nach erfolgreichem Abschluss ebenfalls in das Softwarepaket integriert.

Die Flexibilisierung der Analyse erforderte größere Umstrukturierungsmaßnahmen an der Software als ursprünglich erwartet. Aktuell werden diese weiter umgesetzt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die wesentlichen Arbeiten der folgenden Monate zielt auf den Test der verschiedenen Algorithmen ab, die nach einem erfolgreichen Abschluss in das Gesamtpaket integriert werden. Parallel hierzu werden die bestehenden Routinen weiteren Tests unterworfen, um ggf. vorhandene Fehler aufzudecken und zu beheben sowie weitere Ansätze für Optimierungen zu finden.

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 30.04.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2006 bis 30.06.2006	
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

Im vorliegenden Zwischenbericht werden im wesentlichen Ergebnisse zu den Arbeitspaketen 1 und 2 dargestellt. Die Studien zu den Arbeitspaketen 3 und 4 befinden sich zurzeit noch in der methodischen Etablierungsphase, so dass in zukünftigen Zwischenberichten darüber berichtet werden kann.

Eine Zielsetzung des Forschungsprojektes umfasst die Überprüfung der Eignung der γ -H2AX-Immunfluoreszenzmikroskopie als prädiktiver Test zur Erfassung der individuellen Strahlenreaktion vor Beginn einer strahlentherapeutischen Behandlung. Abhängig von der initialen Strahlenschädigung konnte mit diesem Verfahren nach einer CT-Untersuchung die DSB-Reparatureffizienz unter *in vivo*-Bedingungen ermittelt werden (1). Dabei zeigen *in vivo*-bestrahlte Lymphozyten von CT-Patienten ähnliche Reparaturkinetiken wie *in vitro*-bestrahlte Fibroblasten. 24 h nach Bestrahlung sind fast alle durch die CT-

Untersuchung induzierten DSBs repariert. In den durchgeführten Experimenten ist eine Person aufgefallen, bei der zu jedem Reparaturzeitpunkt eine höhere Anzahl von Foci gemessen wurde als bei den anderen untersuchten Personen. Selbst nach 24 h zeigen die Lymphozyten dieses Patienten einen beträchtlichen Anteil von unreparierten Brüchen, was auf einen Reparaturdefekt hinweist. Bemerkenswert ist, dass dieser Patient bei einer früher durchgeführten Strahlentherapie mit ungewöhnlich schweren Nebenwirkungen reagiert hat. Somit deuten die ersten Untersuchungsergebnisse an, dass durch die *in vivo* Untersuchung der DSB-Reparaturkinetik an Blutlymphozyten (z. B. im Rahmen von radiodiagnostischen Maßnahmen), reparaturdefiziente Patienten möglicherweise bereits vor Beginn einer Strahlenbehandlung identifiziert werden könnten und somit schwere strahleninduzierte Nebenwirkungen vermieden werden könnten.

Weitere mögliche Einflussfaktoren für das individuelle Reparaturvermögen von Personen könnten z. B. in der applizierten Strahlendosis, dem Alter der Person, aber auch der jeweiligen Vorgeschichte bzw. dem Gesundheitszustand der Person liegen. Aus diesem Grund wird gegenwärtig das Reparaturvermögen von älteren gegenüber jüngeren Patienten verglichen. Dabei wird die Reparatureffizienz der Patienten *in vivo* 30 min, 2,5 h, 5 h und 24 h nach einer CT-Untersuchung ermittelt. Da den Patienten unterschiedliche Bestrahlungsdosen appliziert wurden, müssen die ermittelten Werte auf ein gemeinsames Dosis-Längen-Produkt (DLP) normiert werden. Das DLP ist eine radiodiagnostische Einheit, die proportional zur verabreichten lokalen Dosis und zur Länge des exponierten Körperabschnitts ist. Die Patienten wurden in zwei Gruppen eingeteilt, wobei es sich bei der einen Gruppe um Patienten über 60 Jahre und bei der anderen Gruppe um Patienten unter 60 Jahre handelt. Es zeigte sich, dass bei allen Reparaturzeiten die Fociwerte der Patienten über 60 Jahre höher liegen, als bei den Patienten unter 60 Jahre, was einen Hinweis darauf gibt, dass das Reparaturvermögen von jüngeren Patienten besser ist als von älteren Patienten. Auch *in vitro* Experimente, in denen das Blut der Patienten außerhalb des Körpers mit einer Strahlendosis von 10 mGy bestrahlt wurden, haben die Abhängigkeit der DSB-Reparatureffizienz vom Alter aufgezeigt.

Mit dem *in vivo* Nachweis von γ -H2AX-Foci sind wir in der Lage, eine biologische Dosisbestimmung individuell für jeden CT-Patienten vorzunehmen. Allerdings ist die Dosisbestimmung problematisch, wenn für die Untersuchungen Röntgenkontrastmittel (KM) verabreicht wird. Um bei CT-Untersuchungen eine Differenzierung zwischen Geweben unterschiedlicher Röntgendichte zu ermöglichen, wird iodiertes KM eingesetzt, das den Kontrast von Organen und Organsystemen erhöht. Iodiertes KM für z.B. Thorax-CT-Untersuchungen des Herzens oder der Lunge wird intravenös verabreicht, was zu einer Erhöhung der mittleren Ordnungszahl der Atome im Blut führt. Nach Bestrahlung kommt es demzufolge zu einer erhöhten Energieabsorption im Blut, aus der eine erhöhte Zellschädigung zu erwarten wäre. Daher sollen in *in vitro* und *in vivo* Experimenten untersucht werden, in welchem Maße die Anzahl strahleninduzierter DSBs unter Exposition mit iodiertem KM ansteigt. Nach *in vitro* Bestrahlungen mit 500 mGy von Blutlymphozyten, denen KM zugesetzt wurde, zeigte sich eine signifikante Erhöhung der Zahl der gemessenen γ -H2AX-Foci und somit der effektiv applizierten Strahlendosis. Bei Verwendung einer weitaus niedrigeren Strahlendosis von 10 mGy wurde ebenfalls ein Anstieg an DSBs festgestellt, so dass eine Abhängigkeit des Effektes von der Strahlendosis nicht vorliegt. Weiterhin wurde kontrolliert, ob KM die DSB-Reparatur behindert. Bei Inkubation der Blutzellen unmittelbar nach der Strahlenexposition wurden aber keine erhöhten γ -H2AX-Fociwerte gefunden, so dass KM nur zu einem verstärkten strahleninduzierten Auftreten von DSBs, jedoch nicht zu einer Beeinträchtigung der Reparatur führt. Für die *in vivo*-Untersuchungen wurde im peripheren Blut von Patienten nach Durchführung von CT-Untersuchungen des Thorax die Zahl der durch die Untersuchung entstandenen DSBs gemessen. Dabei wurden die Ergebnisse von Untersuchungen mit KM denen von nativen (ohne KM) Untersuchungen gegenübergestellt. Nach Berücksichtigung des individuellen Reparaturvermögens jedes Patienten und Normierung auf ein gemeinsames DLP traten wie bei den *in vitro* Experimenten nach KM-Gabe vermehrt DSBs auf.

4. Geplante Weiterarbeiten

Bei der Untersuchung der Einflussfaktoren auf das individuelle Reparaturvermögen muss beachtet werden, dass Personengruppen mit ähnlichem Gesundheitszustand verglichen werden. Daher muss eine weitere Einteilung in Tumorpatienten und Nichttumorpatienten erfolgen, die sowohl für die Altersstudie als auch für die KM-Studie relevant ist.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Löbrich, M., Rief, N., Kühne, M., Heckmann, M., Fleckenstein, J., Rube, C. und Uder, M. (2005), *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 102, 8789-8790

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: 01.01.2006 bis 30.06.2006	
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

- AP1: Es wurde zwei Assays (MTT-Assay und Kolonie-Bildungsassay) zur Quantifizierung der Überlebensfähigkeit der hTERT-RPE1-Zellen nach gamma-Bestrahlung etabliert und es wurde sowohl die Ausgangszelllinie als auch eine NBS1 supprimierte (mit chemischer siRNA) Zelllinie bezüglich ihrer Strahlenempfindlichkeit charakterisiert.
- AP2: Zur *in vivo* Analyse von DSB-Reparaturwegen wird der in unserer Arbeitsgruppe konstruierte Rekombinations/NHEJ Vektor pDSon verwendet. Mit diesem Vektor kann das Reparaturverhalten der Zellen sowohl nach sequenzspezifischer Induktion eines DSB mittels I-SceI Endonuklease als auch die spontane Rekombination der Zellen anhand der Expression verschiedener Fluoreszenzmarker untersucht werden. Das Konstrukt wurde genomisch in die hTERT-RPE1 Zellen integriert, um die Analyse auf chromosomaler Ebene durchzuführen. Es wurde die Kopienzahl der integrierten Reporter-kassette bestimmt, um eine Korrelation des beobachteten Reparaturverhaltens mit der Anzahl der induzierten DSB zu ermöglichen.
- AP3: Es wurde eine chemisch synthetisierte siRNA zum effizienten Knockdown des Kontrollgens ATM gefunden.
- AP4: Die Sequenz einer effizienten chemisch synthetisierten siRNA, die NBS1 herunterreguliert, wurde in einen Vektor zur Expression von short-hairpin siRNA kloniert und hTERT-RPE1-Zellen wurden stabil mit diesem Konstrukt transfiziert. Die rekombinante Expression dieser siRNA führt zu einer Reduktion des NBS1 Gehalts um 60 % im Vergleich zur Expression einer unspezifischen siRNA.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Etablierung von Verfahren zur Analyse von genomischen Aberrationen in RPE-Zellen (z. B. spektrale Karyotypisierung, SKY) unter Verwendung der Ausgangszelllinie und der stabil herunterregulierten NBS1 Tochterzelllinie
- AP2: Etablierung von Methoden zur Expression oder Transfektion der Endonuklease I-SceI zur Induktion von DSB in der Reporter-kassette. Zur weiteren Etablierung des HR/NHEJ Reportersystems soll die spontane Rekombination in ATM herunter regulierten Zellen gemessen werden.
- AP3: Identifizierung von geeigneten siRNA-Sequenzen gegen weitere Kontrollgene. Klonierung der bereits gefundenen siRNA Sequenzen in Expressionsvektoren und Integration dieser in RPE-Zellen zur Herstellung stabiler „knockdown-Zellen“. Optimierung der stabilen Herunterregulierung durch Verwendung verschiedener Promotoren zur Expression der siRNA.

5. Berichte, Veröffentlichungen

S. Moertl, M. Velkovsky, M. Angermeier and F. Eckardt-Schupp. Functional analysis of DNA damage response in a human hTERT immortalized epithelial cell line (RPE) after knockdown of RAD50 and NBS1 by RNAi. (Posterpräsentation auf einem internationalen Meeting (DNA Repair: from Mechanism to Human Disease, Nordwijkerhout, NL. April 2-7, 2006))

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)-  40
- 02 S 8274 Fallversuche mit Brennelement-/HAW-Transport- und Lagerbehältern in Originalgröße  64

DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31224 Peine
--

- 02 S 8234 Vorstudie über die Rückführung der Wiederaufarbeitungsabfälle von Brennelementen deutscher Forschungsreaktoren aus der WA Dounreay in Schottland (RETURN)  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  72

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

- 02 S 8182 Untersuchungen zur Strahlenschutz-Vorsorge für radionuklidbelastetes Substrat: Mikrobieller Beitrag zur Bioakkumulation aus Bauschutt  50
- 02 S 8294 Kontrolle biologischer Untersuchungen bei der Dekontamination heterogener, schwach radioaktiv kontaminierter Geosubstrate für die Strahlenschutzvorsorge  68

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

- 02 S 8203 Genetische Wirkung dicht ionisierender Strahlen - *Strahlenforschung*  52

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*  62
- 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*  78

Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstr. 45, 47803 Krefeld

- 02 S 8011 Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen -Weiterführende Untersuchungen (FORM III)-  38

- | | | |
|---|---|----|
| STEAG encotec GmbH, Rüttenscheider Str. 1-3, 45128 Essen | | |
| 02 S 8172 | Entwicklung eines Konditionierungsverfahrens für Kernbrennstoffe aus dem Siemens-Unterrichts-Reaktor (SUR) | 48 |
| Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden | | |
| 02 S 8122 | Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung | 44 |
| Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München | | |
| 02 S 7951 | Entsorgung von Beryllium / Berylliumoxid und Cadmium aus Forschungsreaktoren | 36 |
| 02 S 8142 | Selektive Tritium-Extraktion aus Wasser und Bindung auf einen Träger | 46 |
| 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 | 74 |
| Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), 76131 Karlsruhe | | |
| 02 S 8223 | Inaktivierung von Mdm2 nach ionisierender Strahlung – Aufklärung der Signaltransduktionskette - <i>Strahlenforschung</i> | 56 |
| 02 S 8305 | Abbruch massiver Betonbauwerke der Energietechnik | 70 |
| Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover | | |
| 02 S 8102 | Erweiterung der Einsatzgrenzen modularer Schneidtechnologien für den kostengünstigen Rückbau kerntechnischer Anlagen, EMOS | 42 |
| 02 S 8284 | Untersuchungen zur Sicherheit gegen Behälterkorrosion in Langzeitzwischenlagern | 66 |
| Universität des Saarlandes, Im Stadtwald, 66123 Saarbrücken | | |
| 02 S 8335 | Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung - <i>Strahlenforschung</i> | 76 |
| 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> | 54 |
| Universitätsklinikum Essen, Universität Duisburg-Essen, Hufelandstraße 55, 45147 Essen | | |
| 02 S 8254 | Checkpoint Manipulation als Strategie für den Strahlenschutz und für die Strahlensensibilisierung von Säugetierzellen - <i>Strahlenforschung</i> | 60 |