

**Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft**

PTE-S Nr. 16

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

Berichtszeitraum: 01. Januar - 30. Juni 2008

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

**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
September 2008**

PTE-S Berichte

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

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

Vorwort

Die Forschungszentrum Karlsruhe GmbH ist im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) sowie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) Projektträger für den Programmbereich „Entsorgung“.

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

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

Der Bericht ist folgendermaßen aufgebaut:

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

- die Projekte MERLIN und AVR am Standort Jülich
- die Projekte des HDB, KNK, MZFR und WAK am Standort Karlsruhe
- die Restabwicklung des THTR 300
- die Schließung der Schachanlage Asse
- Projekt MAREN bei GKSS.

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

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

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

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

Da Referat 713 eine koordinierende Zuständigkeit für Strahlenforschung übertragen bekam, werden seit 2002 auch **Strahlenforschungsvorhaben** gefördert. Diese sind ebenfalls in Teil 2 aufgeführt.

Inhaltsverzeichnis

1 Stilllegungsprojekte des BMBF	1
1.1 FZ Jülich.....	1
Merlin.....	2
1.2 AVR.....	5
1.3 FZ Karlsruhe.....	9
HDB	10
KNK	12
MZFR.....	14
1.4 WAK	17
1.5 THTR 300	21
1.6 Schachanlage Asse bei Helmholtz Zentrum München	25
1.7 Projekt MAREN bei GKSS	29
2 FuE-Vorhaben „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“	33
2.1 Fördervorhaben	33
2.2 Formalisierte Zwischenberichte	37
2.3 Ausführende Forschungsstellen	101

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 2009	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008
Gesamtkosten des Vorhabens: 30,2 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Stahn

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Der Forschungsreaktor FRJ-1 (MERLIN) wurde nach ca. 21 Betriebsjahren 1985 endgültig abgeschaltet und in den Stillstandsbetrieb überführt. Noch im gleichen Jahr wurden die Brennelemente aus der Anlage entfernt und nach einer Zwischenlagerung zur Wiederaufarbeitung verbracht.

Der Rückbau der Anlage erfolgt seit 1996 auf der Basis mehrerer Teilgenehmigungen, die inhaltlich im Wesentlichen wie folgt abgegrenzt sind:

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

Das Projektziel „Freimessen der Reaktorhalle mit anschließender Entlassung aus dem Anwendungsbereich des Atomgesetzes“, welches das Ende der Arbeiten entsprechend Position 4 der zuvor genannten Tätigkeiten bedeutet, wird voraussichtlich Ende September 2007 erreicht.

Bei den Nebengebäuden wird mit dem Abschluss maßgeblicher Arbeiten in 2008 gerechnet, so dass das Projekt nach Restarbeiten und konventionellem Abriss der Nebengebäude in der 1. Jahreshälfte 2009 vollständig abgeschlossen werden können.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Mit der Bewilligung der Förderungsmittel des Bundes konnten die weit fortgeschrittenen und vor dem Abschluss stehenden Arbeiten weiterhin mit hoher Priorität durchgeführt werden:

2.1 Konventioneller Abriss der Reaktorhalle

Im November 2007 wurde die Reaktorhalle des FRJ-1 nach § 29 StrlSchV uneingeschränkt freigegeben und aus dem Regelungsbereich des Atomgesetzes (AtG) entlassen. Anfang März dieses Jahres wurde mit dem konventionellen Abriss der Reaktorhalle begonnen.

Beim Abbau der Reaktorhalle wurde in einem ersten Schritt die Außenverkleidung der Hallenwandung entfernt. Ende April wurde dann die Kuppel mit Hilfe von zwei 500t-Kränen

abgehoben und neben dem Reaktorgebäude abgelegt. Anschließend wurde die Kranbrücke des 10 Mg-Hallenkrans und die Kranbahn auf die gleiche Weise entfernt. Nachdem die zylindrische Hallenwand und die inneren Betonstrukturen der ehemaligen Reaktorhalle entfernt waren, konnte auch das ca. 5.500 t schwere Fundament der Reaktorhalle abgetragen werden. Zum Ende des Berichtszeitraumes wurde mit der Wiederverfüllung der Baugrube als Vorbereitung auf die anstehende Begrünung begonnen. Aufgrund einer Auflage aus der letzten Teilgenehmigung wurden zuvor unterhalb des Fundaments Proben genommen und analysiert.

2.2 Nebengebäude

Die Tätigkeiten in den Nebengebäuden wurden im 1. Halbjahr 2008 fortgesetzt.

Der Abbau der Zu- und Abluftanlagen des FRJ-1, die sich im Versorgungsgebäude befanden, wurde abgeschlossen. Anschließend wurden diese Raumbereiche frei gemessen.

Die Änderungsanzeigen für die restlichen Kontrollbereiche, betreffend das ehemalige Reaktorlabor, die Durchgangsgarderobe mit Schleusenvorraum und die Abwasserauffanganlage, wurden bereits im 2. Halbjahr 2007 vorbereitet und Anfang 2008 noch um einige Daten ergänzt, so dass die Änderungsanzeigen schließlich Anfang Februar 2008 der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde übergeben werden konnten. Anfang Mai wurde von der Aufsichtsbehörde die Zustimmung zum „Rückbau und zum Freimessen der Durchgangsgarderobe mit Schleusenvorraum“ und zur „Demontage der Auffanganlage für radioaktive Abwässer“ erteilt. Die atomrechtliche Zustimmung für den Rückbau des Reaktorlabors lag Ende Juni noch nicht vor. Mit dem Ausräumen der Durchgangsgarderobe und der Behälterkeller wurde bereits begonnen. Zwei der insgesamt 6 Abwasserbehälter wurden im Berichtszeitraum demontiert und entsorgt.

3. Geplante Weiterarbeit

- Abschluss des konventionellen Abrisses der Reaktorhalle
- Rekultivierung des ehemaligen Standortes der Reaktorhalle („Grüne Wiese“)
- Fortschreitender Rückbau und Freimessung der Kontrollbereiche in den Nebengebäuden
- Antrag auf Freigabe der Nebengebäude mit anschließender Entlassung aus dem Regelungsbereich des Atomgesetzes

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

WM 2008, 24.-28.02.2008, Phoenix/Arizona: FRJ-1 Research Reactor (MERLIN) Makes Way for a „Green Field“ – Milestones on the Road to Paradise Regained; B. Stahn, R. Printz, K. Matela, C. Zehbe; Forschungszentrum Jülich GmbH
Sachstandsberichte an BMBF (Bund) und MSWWF (Land)

5. Kosten

Kosten bisher (von 1996 bis 2007):	28,74 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	0,87 Mio. €
Zukünftige Kosten:	ca. 0,6 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Land 10 %

1.2 AVR

Zuwendungsempfänger: AVR GmbH, Wilhelm-Johnen-Straß3, 52428 Jülich	
Vorhabensbezeichnung: Vollständiger Abbau der AVR-Anlage	
Laufzeit des Vorhabens: 1987 bis 2013	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008
Gesamtkosten des Vorhabens: 398,7 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Rittscher

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

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

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Die Arbeiten zur Montage der Stützen und Sondenanschlüsse am Reaktorbehälter sind abgeschlossen, der untere Teil der Abschaltstäbe wurde mit Silikon verfüllt. Im Außengelände sind für die Montage der Ausrüstung Rangier- und Aufstellflächen hergestellt worden. 150 t Zement wurden angeliefert, hieraus wird eine erste Probe des *Porenleichtbetons* durch den VDZ erstellt.

Abschließende Maßnahme zur Demontage des *Reaktordaches* und der *Wasserhochbehältersegmente* war die Beseitigung der Störkanten auf +38-m Hochbehälterumgang.

Nach Durchführung eines Versuches zur Montage der *Fachwerkträger* wurde das *Verschluss-System 1* auf dem Betonkragen Biologischen Schild II montiert.

Mit der Demontage der *Behälter, Kompressoren und Stahlgerüste auf der +21-m-Bühne* wurde begonnen, gleiches gilt für die Demontearbeiten der *Gasvorreinigung*.

Oberhalb der +34-m-Bühne wurde das *Biologische Schild II* mit 1600 m² Blechtafeln verkleidet (Kontaminationsschutz).

Die *Genehmigung zum Vollständigen Abbau* der Anlage und die *Zuwendungsgenehmigung* erwartet AVR im 2. Halbjahr 2008.

Für das RB-Lager verschiebt sich der Beginn der Bauarbeiten auf das Ende 2008.

Die Arbeiten zum Bau des *Abfall-Lagers (Halle V)* sind abgeschlossen. Der Erhalt der Betriebsgenehmigung wird in Kürze erwartet.

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

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

Der *Wechselschichtdienst* wird unverändert fortgesetzt.

3. Geplante Weiterarbeit

- Weiterführung der Demontearbeiten der elektro- und verfahrenstechnischen Anlagenteile im Schutzbehälter.
- Abschluss der Demontearbeiten der Komponenten der +21-m-Bühne und des Teil 1 der Gasvorreinigung.
- Demontage der Schutzbehälterkuppel innerhalb des Verschluss-Systems 1.
- Weiterführung des Aufbaus der Infrastruktur und Verfüllung des Reaktorbehälters mit Porenleichtbeton.

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

AVR-Patent vom 15.05.2008 über „Vereinfachtes Verfahren zur S90-Aktivitätsmessung“, Erfinder: Dipl. Phys. Jürgen Wahl.

Controllingberichte an BMBF, BMF (Bund) und MIWFT (Land)

Sachstandsberichte an BMBF, BMF (Bund) und MIWFT (Land)

5. Kosten

Kosten bisher (von 1987 bis 2007):	287,6 Mio. €
Kosten Januar-Dezember 2007:	14,5 Mio. €
Zukünftige Kosten:	<u>96,6 Mio. €</u>
	398,7 Mio. €

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

AVR wird auf Basis des Anfangs Juli 2008 dem BMU eingereichten Genehmigungsentwurfs zum vollständigen Abbau der Anlage die Projektkosten neu ermitteln, also noch vor Erhalt der Genehmigung.

Für das laufende Geschäftsjahr wurde wegen der Befüllung des Reaktorbehälters mit Porenleichtbeton Mehrbedarf angemeldet, der über einen Nachtragshaushalt finanziert werden muss.

Über die konkreten Auswirkungen wird im nächsten Halbjahresbericht 2008 berichtet.

1.3 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: 01.01.2008 bis 30.06.2008
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
- Analytische Anlagen
 - Radiochemisches Labor
 - Fassmess-Anlage
 - Freimess-Labor.

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

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Es fanden weiterhin keine Rückbaumaßnahmen statt.

- MAW-Eindampfanlage, Bau 555
Die weiteren Rückbau-Maßnahmen sind vom Rückbau der alten LAW-Eindampfung (s. u.) abhängig.
- LAW-Eindampfungsanlage I und Zementierung II, Bau 545
Das Genehmigungsverfahren für den Rückbau ruht, da die Anlagen für die Entsorgung des Flüssigabfalls aus dem Betrieb der VEK vorgehalten werden.

3. Geplante Weiterarbeit

- LAW-Eindampfung I und Zementierung II, Bau 545:
Das Genehmigungsverfahren für den Rückbau ruht, da die Anlagen für die Entsorgung des Flüssigabfalls aus dem Betrieb der VEK vorgehalten werden.
- Abwasser-Sammelstation Y561 C1 (Bau 561):
Für die Demontage der MSR- und verfahrenstechnischen Komponenten wurden Antragsunterlagen beim Umweltministerium und TÜV eingereicht.

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

Keine

5. Kosten

Kosten bisher (von 1994 bis 12/2007):	12,08 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	0,00 Mio. €
Zukünftige Kosten:	100,92 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 2013	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008
Gesamtkosten des Vorhabens: 309,0 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 übertragen. 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. Abbau Sekundärsysteme, Tertiärsystem, Objektschutz, Blendenverstelleinrichtung, Wechselmaschine; Entsorgung von Brennelementen, Primär- u. Sekundärnatrium (1.- 5. SG)
2. Umstellung der E-Versorgung und Abriss von Gebäuden (6. SG)
3. Verbleibende Arbeiten zum Abbau der Primärsysteme (7. SG)
4. Abbau der Primärsysteme (8. SG)
5. Ausbau Reaktortank und Abbau biologischer Schild (9. SG)
6. Abbau Hilfssysteme, Freimessen u. Abriss der 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 ersten Halbjahr 2008 konnten alle Rückbauarbeiten der Maßnahme 1 der 9. SG (Außerbetriebsetzung, Ausbau und Entsorgung des Reaktortanks) einschließlich des Ausbaus der Rohrdurchführungen durch den Biologischen Schild abgeschlossen werden.

Nach dem Abschluss der Zerlegearbeiten am Reaktortank und Reaktordoppeltank wurden im Berichtszeitraum die Tankflansche dieser Komponenten zerlegt. Mit dem Ziel eines beschleunigten Ausbaus wurde eine Änderungsanzeige gestellt, um den Innentankflansch entgegen der ursprünglichen Planung in vier großen Segmenten und den Außentankflansch in acht Segmenten auszubauen. Diese Arbeiten sind abgeschlossen.

Parallel zu den Arbeiten an den Tankflanschen wurde der Ausbau der Rohrdurchführungen fortgesetzt. Hierbei wurden unter anderem die Stutzenrohre der Natrium-Austrittsleitungen, das Stutzenpaket der Natrium-Eintrittsleitung sowie der Heißgaseintritt und -austritt demontiert. In diesem Zusammenhang

wurde auch das Reststück des Hüllrohrbündels der Blendenverstellereinrichtung demontiert. Die mit Natrium behafteten Teile wurden mit Feuchtigkeit konditioniert und entsorgt. In die leer geräumten Durchführungen durch den Biologischen Schild wurden teilweise Abschirmungen eingebracht, um die Ortsdosisleistung vor den Durchbrüchen zu reduzieren.

Mit dem Abschluss der Demontearbeiten und der damit nicht mehr gegebenen Natriumbelegung wurde die Überwachung des Sauerstoffgrenzwertes vom Gutachter aufgehoben. Mit der Dekontamination und Außerbetriebsetzung der nicht mehr benötigten Hilfsmittel und Einrichtungen wurde begonnen.

Für die Maßnahme 2 (Abbruch der Wärmeisolierung und Ausbau der Primärabschirmung) wurden weitere Hilfsmittel und Leistungen ausgeschrieben und die bereits eingeleiteten Beschaffungen technisch und kaufmännisch begleitet. Teilweise wurden bestellte Einrichtungen bereits abgenommen und geliefert.

Die Durchführung der Maßnahme 2 gliedert sich in die Arbeitspakete Demontage Wärmeisolierung und Abbau und Entsorgung Primärabschirmung. Während sich die Beschaffung der Geräte für den Ausbau der Primärabschirmung in einem weit fortgeschrittenen Stadium befindet, konnte die Ausschreibung für die Herstellung und Lieferung des Werkzeugträgersystems erst Mitte Juli 2008 erfolgen. Eine ähnliche Situation liegt bei den Ausschreibungen „Umbau der Einhausung“ und „Container-schleuse“ vor.

Mit der Installation des Teststandes (Mock-Up) auf dem Betriebsgelände des MZFR wurde begonnen. Nachdem 2007 bereits neue infrastrukturelle Einrichtungen eingebaut wurden, konnte Anfang 2008 mit der Installation des Hebwerkzeuges begonnen werden.

Die Planungen zum Abbau des aktivierten Teils des biologischen Schildes (Maßnahme 3) wurden fortgesetzt. Schwerpunkte der Planungsleistungen waren Untersuchungen zur Zerlegung des Schalungstanks. Hierzu wurden Versuche mit dem „Hot-Wire Plasmaschneidverfahren“ durchgeführt, um dessen Eignung zu verifizieren. Die Detailplanung des Verpackungskonzeptes für den aktivierten Bauschutt wurde fortgeführt.

Für die Rückholung der 7 Stück Kühlfallen von HDB und deren Nachzerlegung bei KNK wurde der Nachzerlegeplatz gemäß den Gutachtensbedingungen angepasst und ausgestattet.

Die erste Sekundärkühlfalle soll Anfang August von der HDB zur KNK zurückgeholt und anschließend zerlegt werden.

3. Geplante Weiterarbeit

9. SG (Abbau Reaktortank, Primärabschirmung, Biol. Schild): Maßnahme 2: Beschaffung/Montage (Werksabnahme Werkzeugträgersystem für Abbau Wärmeisolierung, Säge und Hebwerkzeug für Abbau Primärabschirmung, Reaktorschachtabdeckung, Anpassung Einhausung, Container-Beladekran für Umbau Einhausung, Hubwerk Zellenkran); Montage Schalungstank zum Mock-Up für Abbau Biologisches Schild, Beginn Schulung

10. SG (Abbau Restsysteme, Dekontamination, Abriss Gebäude): Sicherheitsbericht
Kühlfallen: Freigabe durch Gutachter, Zerlegen/Waschen 1. bis 3. Kühlfalle.

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

Keine

5. Kosten

Kosten bisher (von 1992 bis 12/2007):	252,9 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	5,0 Mio. €
Zukünftige Kosten:	51,1 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 2011	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008
Gesamtkosten des Vorhabens: 304,0 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Eisenmann

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Der Mehrzweckforschungsreaktor im Forschungszentrum Karlsruhe war ein schwerwasser-gekühlter 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 einen vollständigen Rückbau in den folgenden acht Schritten vor, der mit acht Teilgenehmigungen (SG) abgewickelt werden soll:

- 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 sieben Schritte sind abgeschlossen. Das Erreichen des Rückbauziels „Grüne Wiese“ ist zum Ende 2011 geplant.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Der MZFR-Reaktorbehälter inklusive aller Einbauten war Ende 2007 vollständig zerlegt und verpackt. Im 1. Halbjahr 2008 wurden nicht mehr erforderliche Zerlegeeinrichtungen der 7. SG aus dem Reaktorgebäude ausgebaut und der RDB-Tragrings mit der Bandsäge zerlegt, verpackt und ausgeschleust. Die Demontagen, Dekontaminationsleistungen und Baustellenräumung der 7. SG sind weitestgehend abgeschlossen.

Im 1. Halbjahr 2008 wurden für die Trockenzerlegung Teil 3 - Untere Füllkörper (UFK), RDB-Unterteil mit Isolierung und RDB-Tragrings - folgende Arbeiten durchgeführt: Rückbau der Zerlegeeinrichtungen für die Zerlegung der RDB-Kalotte (Trag- und Drehring, Ringbahn mit Stützen), Zerlegen und Verpacken der asbesthaltigen Kalottenisolierung aus der Reaktorgrube, Ziehen, zerlegen und verpacken der Stützen der Hauptkühlmittel-Leitungen, Umbau des Zerlegebereichs (Bau 901, 400er Räume) für die Zerlegung des RDB-Tragrings, Inbetriebsetzung der Einrichtungen zur Zerlegung des RDB-Tragrings und dessen Zerlegung auf dem Zerlegetisch, Umrüstungen innerhalb des Reaktorge-

bäudes (Raum 401) für die Erfordernisse zum Rückbau des aktivierten Teils des Biol. Schilds gem. 8. SG.

Die Aufbauarbeiten im Teststand der 8. SG (Vorbereitungsmaßnahmen zum Rückbau des aktivierten Teils des Biologischen Schilds im MZFR-Maschinenhaus) wurden fortgeführt. Für den am Jahresende 2005 beauftragten Abbruchbagger (ABB) wurde die Detailplanung fortgeführt. Aufgrund des hohen technischen Anspruchs an die Führungsgenauigkeit der zugehörigen Anbaugeräte (Universaltrenngerät (UTG), Stahlbohrgerät für Liner (SBG)) haben sich die Herstell- und Liefertermine wesentlich verzögert.

Die Integration des für Hilfstätigkeiten vorgesehenen Master-Slave-Manipulators (MSM) in den Teststand ist im 1. Halbjahr 2008 erfolgt. Das Interventionsgestell für den MSM wurde erfolgreich in Betrieb genommen. Die Angebotseinholung für weitere erforderliche Demontageeinrichtungen (Transport- und Verpackungseinrichtungen) ist erfolgt.

Die Aufbauarbeiten am Träger- und Verfahrerring, dem Hänge- und Standgerüst und dem zugehörigen Steuerstand in Bau 905 wurden abgeschlossen und das Funktionsprüfprogramm durchgeführt. Die zugehörige Ultraschall-Detektionseinrichtung für die Feststellung der Position der am Liner angeschweißten Halteeisen der Schildkühlleitungen wurde erfolgreich getestet. Die Bestellung für die Umrüstung der Krananlagen Bau 905 und 901 ist erfolgt. Die Umrüstungsleistungen an Einrichtungen der 7. SG für die 8. SG werden kontinuierlich fortgeführt.

Im Zuge der inzwischen parallel zum Teststandaufbau im MZFR-Maschinenhaus laufenden Dekontaminationsarbeiten im Beckenhaus und Hilfsanlagegebäude wurden bisher nicht bekannte Tritium-Kontaminationen festgestellt. Zur Quantifizierung des hierdurch erforderlichen Mehraufwandes bei der Dekontamination sind weitere Messungen und Probenahmen erforderlich. Die Planungen hierzu wurden im 1. Halbjahr 2008 fortgeführt.

Nach Abschluss der 7. SG wird das nicht mehr im vorhandenen Umfang erforderliche System des radioaktiven Abwassers auf das noch erforderliche Maß zurückgebaut. Diese Leistungen wurden ausgeschrieben. Die Durchführung soll Ende 2008 abgeschlossen sein. Erst nach Abschluss dieser Rückbauphase ist es möglich, Abschätzungen über den erforderlichen/zusätzlichen Dekontaminationsaufwand in diesem Bereich (z. B. nicht mehr benötigte Abwassersammelbehälter, Rohrleitungen) vorzunehmen.

3. Geplante Weiterarbeit

8. SG (Rückbau des aktivierten Teils des Biol. Schildes, Dekontamination. u. Abriss Gebäude): Teststand für Biol. Schild - Erprobung der Einrichtungen; Erstellung der Arbeitspläne; Planung Transport- und Verpackungseinrichtungen des abgebauten Betons; Planung zur Errichtung einer zusätzlichen Halle für Betonschutt; Vorbereitende Dekontaminationsarbeiten in Nebengebäuden; Konzeptplanung Demontage Abluftkamin; Planungen zu Vereinfachung/Rückbau betrieblicher Systeme (Abwasser, Lüftung, E-Versorgung).

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

Eisenmann, B.; Prechtel, E.; Süßdorf, W.: Ein Reaktortank mit seinen Einbauten ist zerlegt und verpackt. atw 53. Jg. (2008), Heft 4 - April, S. 240-245

5. Kosten

Kosten bisher (von 1985 bis 12/2007):	257,1 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	3,9 Mio. €
Zukünftige Kosten:	43,0 Mio. €
Geldgeber:	Bund 100 %

1.4 WAK

Zuwendungsempfänger: Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung und Rückbau der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (StiWAK)	
Laufzeit des Vorhabens: 1991 bis 2023 (2035)	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.631,0 Mio. €	Projektleiter: Dr. Fleisch

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

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

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

Für die Abwicklung des Gesamtprojektes Stilllegung und Rückbau WAK einschließlich der Errichtung und des Betriebes der VEK ist seit dem 1.1.2006 die WAK Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH allein verantwortlich. Hierzu wurden die genehmigungs-, vermögens- und zuwendungsrechtlichen Voraussetzungen geschaffen. Als Tochter des Bundesunternehmens EWN GmbH ist die WAK GmbH heute institutioneller Zuwendungsempfänger. Seit 01.01.2008 liegt eine neue Projektkostenschätzung vor, die auch neu hinzugekommene Entsorgungsaufgaben (Zwischenlagerung und die Herstellung der Endlagerfähigkeit), teilweise im Auftrag Dritter, abdeckt.

Der Rückbau der WAK erfolgt in sechs technisch überschaubaren Schritten:

1. Außerbetriebnahme funktionsloser Systeme im Prozessgebäude: Dieser Schritt ist abgeschlossen.
2. Demontage von Prozesssystemen ohne Fernhantierung, Außerbetriebnahme und Abbau bereits stillgelegter Anlagenteile im Prozessgebäude: Dieser Schritt ist abgeschlossen.
3. Stufenweiser Rückbau aller Einrichtungen im Prozessgebäude unabhängig von der HAWC-Lagerung und HAWC-Entsorgung: Alle Anlagenteile sind ausgebaut. Die Dekontamination der Gebäude-Innenstruktur läuft.
4. Deregulierung nach Verglasungsende: Durch die Außerbetriebnahme von Anlagenteilen und die Anpassung des Betriebshandbuches sollen die betrieblichen Aktivitäten auf das Niveau eines reinen Rückbauprojektes reduziert und die Restbetriebskosten weiter minimiert werden.

5. Stufenweiser Rückbau der HAWC-Lagergebäude LAVA/HWL und der VEK: Dies erfolgt in 10 Rückbaubereichen (RB), die jeweils einzeln zu genehmigen sind. Die Errichtung des HWL-Anbaus Süd (RB 5.1) sowie die fernhantierte Demontage der MAW-Behälter mit HWL, Raum 6 (RB 5.2) sind genehmigt.
6. Konventioneller Abriss der Gebäude und Rekultivierung des Geländes.

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

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Zur *HAWC-Entsorgung* wurden auf Basis der revidierten Antragsunterlagen, insbesondere der Bedienungsanweisungen und betrieblichen Regelungen für die 2. Teilbetriebsgenehmigung (2. TBG) der VEK, das TÜV-Gutachten und der Entwurf des Genehmigungsbescheides durch das UM Baden-Württemberg vorgelegt und dem BMU zur weiteren Veranlassung weitergeleitet. Die Beratungen im Auftrag des BMU durch die Ausschüsse von RSK bzw. ESK und SSK wurden fortgeführt. Angestrebter Termin für die 2. TBG ist das 4. Quartal 2008.

In der VEK wurden restliche Funktionsprüfungen an der Lüftungssteuerung und Emissionsmessanlage durchgeführt und die Betriebsbereitschaft der Anlage durch Wiederkehrende Prüfungen (WKP) und Vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen (VBI) sichergestellt. Die Ausbildung des späteren Betriebspersonals entsprechend der Organisation 2. TBG wurde weitgehend abgeschlossen.

Für die Genehmigung der Einlagerung der CASTOR-Behälter mit VEK-Kokillen im Zwischenlager Nord (ZLN) wurden die Entwürfe der Gutachten der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) und des TÜV dem BfS vorgelegt. Die Kalthandhabung eines CASTOR-Behälters einschließlich der Kokillenbeladung in der VEK und Einlagerung im ZLN wurden mit positivem Ergebnis durchgeführt. Der Genehmigungsbescheid des BfS wird zeitgleich zur 2. TBG VEK erwartet.

Schwerpunkte der *Rückbauarbeiten im Prozessgebäude (Schritt 3)* waren die Dekontamination des ehemaligen Brennelementlagerbeckens, weitere Demontagen in einzelnen Prozesszellen sowie die Aufnahme des radiologischen Iststandes des Gebäudes zur Absicherung des Freigabekonzeptes. Insgesamt wurden ca. 640 m² Oberflächen dekontaminiert, ca. 34 Mg Stahlbau (Bodenbleche, Träger) demontiert und Betonstemmarbeiten im Umfang von ca. 46 Mg durchgeführt. Die Bewertung der bisherigen Ergebnisse zur Radiologie zeigen, dass die Kontamination der Gebäudefugen weniger problematisch ist, als ursprünglich angenommen. Dennoch sind bautechnische Zusatzmaßnahmen zur Wand- oder Deckenstabilisierung im Verlauf des weiteren Abrisses erforderlich.

Die Planungen der *Deregulierungsmaßnahmen nach Verglasungsende (Schritt 4)* zur Außerbetriebnahme und Anpassung von Systemen zum Betriebsende wurden fortgeführt. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens wurden Fragestellungen des Gutachters bearbeitet.

Zu den *Rückbautätigkeiten der HAWC-Anlagen (Schritt 5)* wurde der für den fernhantierten Rückbau erforderliche HWL-Anbau Süd (RB 5.1) betriebsbereit übergeben. Nach Einrichtung der Kontroll- und Sicherheitsbereiche wurde mit der Herstellung eines ersten Wanddurchbruches in das HWL begonnen. In der Begutachtung des Schrittes 5.3 (Rückbau der HAWC-Behälter in HWL und LAVA) wurde ein Zwischenstand der Begutachtung erreicht. Für die Genehmigungsplanung des Rückbaubereiches 5.4 (Fernhantierter Rückbau in den LAVA-Zellen) wurde die Konzeptphase abgeschlossen. Die Antragstellung ist für Anfang 2009 vorgesehen. An einem HAWC-Behälter im HWL wurden weitere Versuche zur Spülung und Inspektion durchgeführt. Als vorläufiges Zwischenergebnis ergibt sich eine Restfeststoffmenge von ca. 100 kg mit einer Gesamtaktivität von ca. $3E+15$ Bq (Cs-137). Derzeit laufen Untersuchungen zur Probenahme aus der Spüllösung und Entnahme von Feststoffproben mit dem Ziel einer Festlegung der weiteren Behandlung und Konditionierung im Hinblick auf die Endlagerung. Eine Entscheidung zum wei-

teren Vorgehen wird für Anfang 2009 angestrebt.

Im Rahmen der *Entsorgungsaufgaben* verfolgt die WAK die Strategie, die Herstellung der Endlagerfähigkeit der Altabfälle durch die HDB nur aus sicherheitsrelevanten Gründen (wie Korrosion) durchzuführen, da die endgültigen Vorgaben des BfS zu den Endlagerbedingungen noch nicht vollständig sind.

3. Geplante Weiterarbeit

WAK-Rückbau:

Schritt 3: Die radiologischen Bestandsaufnahmen im Prozessgebäude werden fortgesetzt. Die Arbeiten zur Dekontamination des Brennelementelagerbeckens werden abgeschlossen. Ein wesentlicher Arbeitsschwerpunkt ist der Ausbau von Wanddurchführungen und Bodenwannen im Zellenbereich sowie die Dekontamination der Wand- und Bodenflächen.

Schritt 4: Fortsetzung der Begutachtung und Erstellung der Ausführungsplanung.

Schritt 5: Nach Heißer Inbetriebnahme des HWL-Anbau Süd sowie der Umsetzung der Fernhantierungsgeräte aus dem Teststand in den HWL-Anbau Süd, wird in 2008 die fernhantierte Herstellung des ersten Wanddurchbruches zum Raum 6 des HWL durchgeführt werden. Für die fernhantierte Demontage der HAWC-Behälter (RB 5.3) wird das Gutachten Ende 2008 erwartet. Die Ergebnisse der Behälterinspektion sind zu bewerten und in das Verfahren RB 5.3 zu integrieren. Für den fernhantierten Rückbau der LAVA-Zellen L3, L4 und L5 (RB 5.4) wird die Genehmigungsplanung erstellt. Für den Rückbau VEK (RB 5.8) wird das vorliegende Konzept überprüft.

VEK:

Erteilung der 2. TBG und der ZLN-Lagereignung; Vorbereitung der Herstellung der Heißen Anschlüsse VEK/LAVA und Durchführung des nuklearen Probebetriebes.

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

J. Fleisch, E. Schwaab, M. Weishaupt, WAK GmbH; W. Grünewald, G. Roth, W. Tobie, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH: „COLD TEST OPERATION OF THE GERMAN VEK VITRIFICATION PLANT“, WM 2008 Conference, February 24 - 28, 2008, Phoenix, AZ

K.-J. Birringer, J. Dux, O. Fath, I. Graffunder, WAK GmbH: „FERNHANTIERTE DEMONTAGE DER HAWC-ANLAGEN DER WAK - STAND DER REALISIERUNG UND AUSBLICK“, Jahrestagung Kerntechnik, Hamburg, 27. - 29. Mai 2008

N. Rohleder, E. Schwaab, M. Weishaupt, WAK GmbH; W. Grünewald, W. Tobie, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH: VERGLASUNGSANLAGE VEK – DURCHFÜHRUNG UND ERGEBNISSE DES KALTTESTBETRIEBES – Jahrestagung Kerntechnik, Hamburg, 27. - 29. Mai 2008

5. Kosten

Kosten bisher (von 07/1991 bis 12/2007):	1.388,0 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	27,8 Mio. €
Zukünftige Kosten:	1.215,2 Mio. €
Geldgeber:	Bund, Land, Industrie

1.5 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 2007</i>
Gesamtkosten des Vorhabens: 94,5 Mio. €	Projektleiter: Dr. G. Dietrich

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die Anlage THTR 300 war als Prototyp für Kernkraftwerke mit Kugelhaufen-Hochtemperaturreaktor errichtet worden. Sie war ein mit Helium gekühlter grafitmoderierter Reaktor mit kugelförmigen keramischen Betriebselementen. Es handelte sich um eine Zweikreisanlage, bestehend aus einem Helium-Primärkühlkreislauf mit 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 Hauptpfortner des benachbarten Kraftwerkes Westfalen der RWE Power AG
- den Übertragungswegen für leittechnische Signale von den Gebäuden der sicher eingeschlossenen Anlage zum Meldepult
- der Tiefendrainage im Erdreich, außen um die Gebäude verlegt
- dem temporär einzurichtenden Umladebereich außerhalb der Gebäude für die Umladung von Transport- und Lagerbehältern

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

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

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

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

Die Dauer des sicheren Einschlusses ist zunächst für 30 Jahre vorgesehen. 10 Jahre vorher ist die Entscheidung zu fällen, ob der sichere Einschluss fortgesetzt wird oder die sicher eingeschlossene Anlage THTR 300 endgültig beseitigt werden soll.

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

Ständige Tätigkeiten oder Maßnahmen sind:

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

Nichtständige Tätigkeiten oder Maßnahmen sind:

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

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

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Das Berichtsjahr 2007 ist für die sicher eingeschlossene Anlage THTR 300:

- das 18. Jahr nach der Abschaltung
- das 12. Jahr nach der Beendigung der Entladung des Reaktorkerns
- das 10. 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 2007 war kein meldepflichtiges Ereignis zu verzeichnen.

2007 fiel in der sicher eingeschlossenen Anlage kein zu entsorgendes Abwasser an und somit trat auch keine Aktivitätsabgabe in die Umgebung über diesen Pfad ein.

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

Eine Belastung der Umgebung durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus der sicher eingeschlossenen Anlage THTR 300 fand – wie auch in den Vorjahren – praktisch nicht statt. Die Messergebnisse weisen im wesentlichen Werte unter der Nachweisgrenze aus.

Die verkehrsrechtliche Zulassungsverlängerung der Transport- und Lagerbehältern CASTOR THTR/AVR wurde im Januar 2007 für 10 Jahre bis 2017 erteilt.

Die Planungen und Maßnahmen der HKG für die Entsorgung der abgebrannten THTR-Brennelemente sind weiterhin darauf ausgerichtet, diese nach der Zwischenlagerung im Trans-

portbehälterlager Ahaus in einem von der Bundesrepublik Deutschland zu errichtenden Endlager zu deponieren.

Als Endlager ist hierfür bislang der Salzstock Gorleben vorgesehen. Gemäß der im Juni 2001 zwischen der Bundesregierung und den kernkraftwerksbetreibenden Energieversorgungsunternehmen unterschriebenen Konsensvereinbarung werden die Erkundungsarbeiten im Salzstock Gorleben zur Klärung konzeptioneller und sicherheitstechnischer Fragen mindestens für drei, längstens für zehn Jahre unterbrochen. Die Bundesregierung wird die notwendigen Maßnahmen ergreifen, um während dieses Moratoriums die bisherigen Planungsergebnisse und somit den Standort Gorleben zu sichern. Sie geht davon aus, dass ein Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle erst ab dem Jahr 2030 zur Verfügung stehen wird.

Die für die Zwischenlagerung genutzten CASTOR-Behälter wurden in einer Studie des Forschungszentrums Jülich auf ihre Eignung für die Direkte Endlagerung untersucht. Sie sind als Alternative zum Referenzkonzept zur Einlagerung in POLLUX-Behältern oder in Gussfässern geeignet.

Für die Endlagerung vieler der in und beim Rückbau der Anlage THTR 300 anfallenden radioaktiven Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung kommt die ehemalige Eisenerzgrube Konrad in Betracht. Die Klagen gegen den im Jahr 2002 erteilten Planfeststellungsbeschluss wurden im März 2006 vom Niedersächsischen Oberverwaltungsgericht abgewiesen und damit der Beschluss vollziehbar. Es wird weiterhin von einer Inbetriebnahme im Jahr 2013 ausgegangen.

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

3. Geplante Weiterarbeit

Für die kommenden Jahre sind weitere Ausbaumaßnahmen von Anlagenteilen, die für den Erhaltungsbetrieb oder für den späteren Abbau der Anlage THTR 300 nicht erforderlich sind, vorgesehen. Dies betrifft u. a. die Kälteanlagen, Armaturen, Pumpen, Kabel, Motore und Messumformer. Dazu wurde im Berichtsjahr einer Änderungsanzeige zum Abbau von nicht mehr benötigten Komponenten der ehemaligen elektrischen Eigenbedarfsversorgung seitens der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde zugestimmt. 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:	52 Mio. €
Geldgeber:	Bund, Land NRW, Gesellschafter der HKG

1.6 SchachtanlageASSE

Zuwendungsempfänger: Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt 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 2017	Berichtszeitraum: 01.11.2007 bis 31.05.2008
Gesamtkosten des Vorhabens: 776 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Kappei

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

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

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

Die Schließung des Bergwerkes erfolgt auf der Grundlage des Bundesberggesetzes. Als Voraussetzung dafür ist dem Landesbergamt Clausthal-Zellerfeld ein Abschlussbetriebsplan vorzulegen, dem ein Sicherheitsbericht beizufügen ist, der den Nachweis der Langzeitsicherheit für die Anlage enthält.

Sämtliche auf der Schachtanlage Asse noch durchzuführenden Arbeiten erfolgen im Rahmen einer Bundesbaumaßnahme. Deshalb wurde die bereits bestehende Baumaßnahme „Fortsetzung der Verfüllung der Südflanke der Schachtanlage Asse“ inhaltlich erweitert und in die Baumaßnahme „Schließung der Schachtanlage Asse“ überführt.

Diese Baumaßnahme untergliedert sich in 18 Teile:

Teil 1: Baustelleneinrichtung beim Lieferanten des Versatzmaterials

Teil 2: Umbaumaßnahmen am Gleisanschluss

Teil 3: Baustelleneinrichtung auf der Schachtanlage Asse

Teil 4: Bergmännische Erstellung von Strecken und Bohrungen

Teil 5: Geotechnische Instrumentierung für die Überwachung

Teil 6: Verfüllmaßnahme und baubegleitende Überwachung

Teil 7: Rückbau der Baustelleneinrichtung

Teil 8: Bauleitung

Teil 9A: Arbeiten zur Gewährleistung der Standsicherheit während der Betriebsphase

Teil 9B: Arbeiten als Voraussetzung zur Erstellung des Langzeitsicherheitsnachweises für die Schachtanlage Asse

Teil 10: Arbeiten gemäß zugelassenem Rahmenbetriebsplan „Zukünftige Arbeiten auf der Schachtanlage Asse“

Teil 11: Personal

Teil 12: Infrastrukturelle Aufwendungen Asse

Teil 13: Resthohlraumverfüllung

Teil 14: Geotechnische und hydrogeologische Überwachung der Resthohlraumverfüllung

Teil 15: Rückbau unter Tage

Teil 16: Rückbau, Verfüllung und Verschluss der Tagesschächte

Teil 17: Verfüllung der Tagesbohrungen

Teil 18: Infrastrukturelle Leistungen der GSF

2. Stand des Projektes

Prüf- und Genehmigungssituation

Auf der Grundlage erster Rückäußerungen der Genehmigungsbehörde zu den eingereichten Unterlagen wurde mit deren Revision begonnen. Darüber hinaus sind weitere Rechnungen zum Radionuklidtransport durchzuführen, so dass mit einer erneuten Vorlage der Unterlagen frühestens Mitte 2009 zu rechnen ist. Verzögert werden die Berechnungen dadurch, dass im Rahmen der Standorterkundung für den Bau der Strömungsbarrieren festgestellt wurde, dass auf der 750-m-Sohle der Pfeiler zwischen den Einlagerungskammern 11 und 12 in einem äußerst schlechten Zustand ist und deshalb umfangreiche Injektionsarbeiten im Pfeiler und in den angrenzenden Einlagerungskammern erforderlich sind. Durch diese Maßnahmen ändern sich die Verhältnisse in den Einlagerungskammern so grundlegend, dass auch die Berechnungen zum chemischen Milieu und zur Gasbildung neu durchgeführt werden müssen.

Die Unterlagen, die im Rahmen des Langzeitsicherheitsnachweises erstellt wurden, sind an die Arbeitsgruppe Optionenvergleich übergeben worden. Insgesamt wurden bisher rund 100 Fragen zur „Herleitung und Beschreibung des Konzepts zur Schließung der Schachanlage Asse“ an das Helmholtz Zentrum München gerichtet. Die Beantwortung dieser Fragen wird sehr lange dauern, was zu Verzögerungen in den Arbeiten zur Schließung der Schachanlage Asse führen kann.

Resthohlraumverfüllung und Verfüllung des Tiefenaufschlusses

Die im April 2004 begonnene Verfüllung des Tiefenaufschlusses unterhalb der 775-m-Sohle wurde weiter fortgesetzt. Verwendet wird dabei im Wesentlichen eigenes Salzhautwerk, welches bei der Auffahrung von Strecken und/oder Beraubearbeiten anfällt sowie Sorelbeton.

Im Berichtszeitraum wurden

- auf der 925-m-Sohle die Verfüllarbeiten mit dem Einbau von rund 5.000 Tonnen Salzhautwerk und 1.500 t Diabasschotter abgeschlossen
- die 900-m-Sohle mit rund 9.150 Tonnen Salzhautwerk und rund 400 Tonnen Diabasschotter weiter versetzt
- die ehemaligen Sumpfstrecken auf der 875-m-Sohle mit rund 4.700 Kubikmetern Sorelbeton versetzt
- auf der 850-m-Sohle rund 3.000 Kubikmeter Sorelbeton eingebaut
- sowie auf der 800-m-Sohle in mehreren Bauabschnitten (Widerlager und stützender Versatz) rund 6.600 Kubikmeter Sorelbeton und rund 500 m³ Salzhautwerk eingebaut

Einbringen von Schutzfluid

Im Berichtszeitraum wurde kein weiteres Schutzfluid in den Tiefenaufschluss eingeleitet.

Aufgefangene Zutrittslösung

Im Grubengebäude wurden weiterhin täglich rund 11,6 Kubikmeter gesättigte Steinsalzlösung aufgefangen: ca. 10 Kubikmeter davon im Abbau 3 auf der 658-m-Sohle. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Lösung sind unverändert. Seit Juni 2005 wird die Lösung nach über Tage gepumpt und abtransportiert. Bisher wurden so rund 19.000 Kubikmeter Steinsalzlösung aus der Schachanlage Asse herausgefördert.

Strömungsbarrieren und stützender Versatz

Rund 800 Kubikmeter Sorelbeton wurden in Widerlagerbauwerke auf der 750-m-Sohle eingebracht, rund 1.000 Kubikmeter bei der Errichtung der dritten Strömungsbarriere auf der 775-m-Sohle eingebaut und etwa 2.000 Kubikmeter zur Erstellung von Widerlagern auf der 775-m-Sohle eingesetzt.

Die Arbeiten zum Bau der vierten und fünften Strömungsbarriere im Blindschacht 2 zwischen der 800-m- und der 750-m-Sohle wurden im Mai 2008 mit dem Einbringen von rund 500 Kubikmetern Sorelbeton abgeschlossen.

Mit vorbereitenden Arbeiten zum Bau der nächsten fünf vertikalen und zwei horizontalen Strömungsbarrieren wurde begonnen.

Sonstige Arbeiten unter Tage

Die Schächte Asse 2 und Asse 4 sind bis zum Niveau 800 m Teufe zur Teilverfüllung mit Sorelbeton vorbereitet. Im Niveau der 775-m-Sohle wurde zum Nachweis der technischen Machbarkeit ein erstes Pilot-Magnesium-Depot aus Brucit-Splitt errichtet.

Mit den Bauarbeiten zur Errichtung einer zweiten Baustoffanlage wurde sowohl über als auch unter Tage begonnen.

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

Projekte in Arbeit und in Planung

Seit dem 01.03.2008 sind die schließungsspezifischen Arbeiten im Bereich „Projekte“ mit Controlling und Koordination zusammengefasst. Die Stelle des Gesamtprojektleiters wurde besetzt.

Wegen der gebirgsmechanischen Situation ist eine Verdopplung der Volumina an Sorelbeton auf 500.000 m³ bis 2014 erforderlich. Um das termingerecht leisten zu können wurde mit dem Bau einer zweiten Baustoffanlage begonnen. Mit ihrer Fertigstellung ist im Dezember 2008 zu rechnen. U. a. auch wegen der zu steigenden Baustoffproduktion ist eine nennenswerte Aufstockung des Personals der Schachanlage Asse nötig.

Östlich der Schachanlage Asse wurde ein Grundstück von der Samtgemeinde Asse gekauft. Auf ihm werden Parkplätze angelegt. Ein Informationszentrum soll errichtet werden. Hierfür wird eine Entwurfsplanung Bau erstellt.

Das kombinierte Büro-/Kauengebäude und das Magazin zur zentralen Ersatzteilhaltung für die schließungsspezifische Anlagentechnik wurden im Berichtszeitraum fertig gestellt und teilweise bezogen.

Der 5. Nachtrag zur Entwurfsunterlage - Bau wurde zur verwaltungsmäßigen und rechnerischen Prüfung der Oberfinanzdirektion Hannover vorgelegt. Die Prüfung war im Januar 2008 abgeschlossen und die Nachtragsunterlagen mit Prüfvermerk wurden an das BMBF mit der Bitte, diese an die am Verfahren Beteiligten weiterzuleiten gesandt.

Es ergeben sich bis zum Jahr 2017 Mehrkosten in Höhe von rund 363 Mio. € gegenüber der im 4. Nachtrag zur Haushaltsunterlage - Bau genannten Summe von 469 Mio. €

Information der Öffentlichkeit

Im Berichtszeitraum erschienen die Nummern 12 und 13 der Mitarbeiterzeitung „Asse – Nah dran“. Inhaltsschwerpunkte waren der „Expertenworkshop am 26. September 2007 in Braunschweig“ und der „Besuch von Frau Ministerin Schavan am 9. Januar 2008 auf der Schachanlage Asse“.

Veranstaltungen

Zum ersten Mal seit drei Jahren fand in Deutschland wieder eine international besetzte Tagung zur Endlagerung radioaktiver Abfälle statt. Über 250 Wissenschaftler trafen sich zur „International Conference on Radioactive Waste Disposal in Geological Formations“ in „Braunschweig (“City of Science 2007”) November 6-9, 2007“. Eröffnet wurde diese gemeinsam vom Bundesamt für Strahlenschutz und der Gesellschaft für Reaktorsicherheit veranstaltete Tagung durch Bundesumweltminister Sigmar Gabriel und Oberbürgermeister Dr. Gert Hoffmann. Die deutschen Arbeiten präsentierten u. a. BMWi, PanGEO, Öko-Institut, FZK/INE, IfG und mit jeweils mehreren Beiträgen die Veranstalter. Für die GSF referierte Günther Kappei über „100 Years Salt Mine Asse II“. Im Foyer des Tagungsraumes hatten einige Einrichtungen, darunter auch die GSF, die Möglichkeit Informationsstände aufzustellen.

Besucherwesen

Rund 1.400 Besucher, verteilt auf etwa 140 Gruppen, nutzten im Berichtszeitraum die Gelegenheit, sich über die vom ehemaligen GSF-Institut für Tief Lagerung durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Endlagerung radioaktiver Abfälle, die Verfüllung der alten Abbaue in der Südflanke und den aktuellen Stand der Schließung der Schachanlage Asse zu informieren.

1.7 Projekt MAREN bei GKSS

Zuwendungsempfänger: GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Postfach 11 60, 21494 Geesthacht	
Vorhabensbezeichnung: Entsorgung radioaktiver Reststoffe (Projekt MAREN-1)	
Laufzeit des Vorhabens: 2002 bis 2012	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008
Gesamtkosten des Vorhabens: 38,9 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 (236)

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

- III. Administrativer Bereich, bauliche Maßnahmen (227, 237, 238, 239, 240)

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Während des Berichtszeitraumes wurden folgende Arbeiten mit Priorität abgewickelt:

- Konditionierung feste radioaktive Abfälle (221, 231)
Konditionierungsarbeiten, Verbrennung und Verpressung der FRG- und OHA-Abfälle, Analysen und ggf. Trocknung der bereits konditionierten Gebinde bei FZK/HDB sowie zugehörige Sachverständigentätigkeit und Dokumentation. Vorbereitende Arbeiten Mengenerhöhung und Rückführung abgefertigter Gebinde, Datenzusammenstellung, Koordination
- Entsorgung FRG-Brennelemente
Vorbereitende Arbeiten für den Transport in die USA
- Aufarbeitung bestrahlter OH-Versuchsbrennstäbe (223)
Vorbereitung transportrelevanter Infrastrukturen, Verpackung und Transport
- Längerfristige Zwischenlagerung (227, 237, 238, 239)
Weitere Abwicklung notwendiger Wartungs- und Infrastrukturmaßnahmen (Wartung/Instandhaltung im Heißen Labor, Vorbereitung Rückbau Bleizellen im Heißen Labor, Sachverständigentätigkeit)

3. Geplante Weiterarbeit

- Konditionierung LAW (221, 231): Verbrennung, Einschmelzung FRG- und OH-Abfälle, HD-Verpressung, Durchführung der restlichen Konditionierungsarbeiten, Rückführung abgefertigter Gebinde, Datenübertragung Dokumentation inkl. Fassgammascans, Mengenerhöhung
- Betriebsabwässer (236): Abtransport betrieblicher Abwässer zur Konditionierung bei FZJ;
- OH-Brennstäbe (223): Vorbereitung transportrelevanter Infrastrukturen, Verpackung und Transport
- Entsorgung bestrahlter FRG-BE (235) Transport von 32 BE's und 40 HEU- Miniplatten in die USA
- Konditionierung MAW (221, 231, 232): Datenzusammenstellung, Konzept- und Informationsbearbeitung, Koordination
- Erstellung eines technischen Konzepts zum Rückbau kerntechnischer Einrichtungen unter Beachtung des Stands der Technik (240); Für 2008 wahrscheinlich ausgesetzt
- Längerfristige Zwischenlagerung, bauliche Maßnahmen (227, 237, 238, 239): Bereitstellung erforderlicher Infrastrukturmaßnahmen, Gewährleistung der sicheren Zwischenlagerung, Demontage Bleizellen im Heißen Labor

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

Keine

5. Kosten

Kosten bisher (seit 01/2002):	19,9 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	0,6 Mio. €
Zukünftige Kosten:	19,0 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Länder 10 %

2 FuE-Vorhaben „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“

2.1 Fördervorhaben

02 S 7951	Entsorgung von Beryllium / Berylliumoxid und Cadmium aus Forschungsreaktoren	TU München	📖 38
02 S 8011	Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen. Weiterführende Untersuchungen (FORM III)	Siempelkamp Gieserei, Krefeld	📖 40
02 S 8021	Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen - Abschließende Untersuchungen (EBER III)	BAM, Berlin	📖 42
* 02 S 8223	Inaktivierung von Mdm2 nach ionisierender Strahlung – Aufklärung der Signaltransduktionskette	Universität Karlsruhe (TH)	📖 44
* 02 S 8254	Checkpoint Manipulation als Strategie für den Strahlenschutz und für die Strahlensensibilisierung von Säugetierzellen	Universitätsklinikum Essen	📖 46
02 S 8274	Fallversuche mit Brennelement-/HAW-Transport- und Lagerbehältern in Originalgröße	Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, Berlin	📖 48
02 S 8294	Kontrolle biologischer Untersuchungen bei der Dekontamination heterogener, schwach radioaktiv kontaminierter Geosubstrate für die Strahlenschutzvorsorge	Friedrich-Schiller-Universität Jena	📖 50
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	📖 52
02 S 8325	Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen	TU München	📖 54
* 02 S 8335	Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung	Technische Universität Darmstadt	📖 56
* 02 S 8345	Aufbau eines Systems isogener stabil diploider humaner Zelllinien mit gezielt durch RNA-Interferenz ausgeschalteten Genen zur Analyse des Zusammenhanges von DNA-Reparaturdefizienz, genomischer und chromosomaler Instabilität	Ludwig-Maximilians-Universität München	📖 58

* 02 S 8355	Molekulare und zelluläre Wirkung dicht ionisierender Strahlen	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Darmstadt	📖 60
02 S 8356	Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abproduktkonditionierung	TU Dresden	📖 62
02 S 8366	Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzschichten auf dickwandigen End- und Zwischenlagerteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten -SHARK-	Siempelkamp Nuklear-technik, Krefeld	📖 64
02 S 8376	Bestimmung von Endlager-relevanten, langlebigen Radionukliden mittels radiometrischer und spezieller massenspektrometrischer Verfahren	TU München	📖 66
02 S 8386	Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzschichten auf dickwandigen End- und Zwischenlagerteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten -SHARK-	Leibniz Universität Hannover	📖 68
02 S 8396	Untersuchungen zur Strahlenschutz-Vorsorge für radionuklidbelastetes Substrat: Mikrobieller Beitrag zur Bioakkumulation aus Bauschutt	Friedrich-Schiller Universität Jena	📖 70
02 S 8406	Weiterentwicklung der Technologie Plasmaschneiden für nichtmetallische Materialien für den praktischen Einsatz beim Rückbau und der Zerlegung von Kernkraftwerksanlagen und Reaktoren sowie für den Katastrophenschutz	SGE Spezialgeräteeentwicklung GmbH, Pirna	📖 72
* 02 S 8416	Das Phänomen der Hyperradiosensitivität und deren Modulation durch den Radioprotektor Phosphotyrosin	Eberhard-Karls-Universität Tübingen	📖 74
* 02 S 8427	Genomische Instabilität durch Doppelstrangbrüche: Bedeutung des Singlestrand annealing	Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf	📖 76
02 S 8437	Verbundprojekt: Metal Matrix Composites als Schneidwerkstoff für Metallverbundstrukturen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen	Leibniz Universität Hannover	📖 78
02 S 8447	Verbundprojekt: Metal Matrix Composites als Schneidwerkstoff für Metallverbundstrukturen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen	BÜDIAM Diamantwerkzeuge, Eschenburg	📖 80
* 02 S 8457	Untersuchung von epigenetischen Effekten nach Bestrahlung menschlicher Zellen	Ludwig-Maximilians-Universität München	📖 82
* 02 S 8467	Regulationsmechanismen eukaryotischer DNA Replikation nach Bestrahlung	Universitätsklinikum Essen	📖 84
* 02 S 8477	Regulation der Nicht-homologen Endverknüpfung durch post-translationelle Modifikation	Universität Karlsruhe (TH)	📖 86

02 S 8487	Konstruktion, Herstellung, Beschichtung, Prüfung und Handhabung langzeitstabiler Gebinde zur sicheren Lagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen	Leibniz Universität Hannover	📖 88
* 02 S 8497	Induktion und Transmission von genetischen Schäden nach Hoch-LET Bestrahlung: In vivo und in vitro Untersuchungen	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Darmstadt	📖 90
02 S 8507	Verfahren zur selektiven Tritium-Extraktion aus wässrigen Abfalllösungen und langzeitstabilen Bindung auf einem Träger	TU München	📖 92
02 S 8517	Uranaufnahme	Friedrich-Schiller-Universität Jena	📖 94
02 S 8528	Verbundprojekt: Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließende Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe (PHYTOREST)	Friedrich-Schiller-Universität Jena	📖 96
02 S 8538	Verbundprojekt: Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließende Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe (PHYTOREST)	TU Dresden	📖 98

* **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: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 1.851.182,94 EUR	Projektleiter: Dr. Lierse von Gostomski	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

1. Klare Beschreibung des Entsorgungsproblems für Be und Cd-Bauteile aus deutschen Forschungsreaktoren mit Bestandsaufnahme und Charakterisierung der in Deutschland mit Neutronen bestrahlten und zur Entsorgung anstehenden Materialmengen.
2. Bestimmung des radioaktiven Inventars, zunächst durch Abschätzungen auf Basis von Spezifikationen der Material-Hersteller und von Betreiberangaben zu Neutronen-Fluenz und –Energiespektren, anschließend mittels zerstörungsfreier und invasiver Messverfahren an realen Proben aus dem Forschungsreaktor Garching FRM.
3. Experimentelle Bestimmung der Freisetzung von Tritium aus realen Be-Proben unter den Bedingungen eines bestimmungsgemäßen Lagerbetriebs (Zwischen- und Endlager) und des Störfalles „Brand“.
4. Entwicklung geeigneter Techniken zur Rückhaltung von Tritium aus Be.
5. Quantitative Darstellung von Szenarien zur Freisetzung radioaktiver Stoffe unter gegebenen Zwischen- und Endlagerbedingungen.
6. Entwicklung eines integrierten Handhabungs- und Verpackungskonzepts für Be- und Cd-Teile und nach Möglichkeit Erprobung im heißen Betrieb (Miniaturmaßstab)
7. Validierung der Tritium-Freisetzung durch Messungen des mit allen Be-Reflektoren beladenen Behälters.
8. Ergänzende Modell-Rechnungen zum Temperaturverlauf im Behälter.
9. Durchführung von vergleichenden Löslichkeitsuntersuchungen an unbestrahltem und an bestrahltem Beryllium.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Trocknung des ausgewählten Transport- und Lagerbehälters, der mit den 24 Beryllium-Reflektorelementen des FRM I beladen wurde, ist abgeschlossen.

Ende April 08 wurden die umfassenden Langzeit-Löslichkeitsexperimente zum Vergleich von bestrahltem und unbestrahltem Be gestartet und sind zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch im Gange. Die Probenahme zur Bestimmung des gelösten Be und der freigesetzten Gesamtaktivität erfolgt(e) wöchentlich (sinnvolles Zeitintervall auf Basis der Vorversuche gewählt), die optischen Veränderungen wurden digitalphotographisch umfassend dokumentiert. Die Untersuchungen erstrecken sich auf 3 Temperaturen sowie 3 Korrosionsmedien, die vom Arbeitskreis „HAW-Produkte“ für endlagerrelevante Korrosionsexperimente vorgeschlagen wurden.

Des Weiteren wurde mit Hinblick auf die geplante Einlagerung des Be im Standort Konrad (Eisenerzbergwerk) zusätzlich noch der Einfluss von Eisen auf die Be-Löslichkeit in quantitativen Experimenten getestet. Hierbei konnten drastische Effekte, die durch Eisenionen verursacht sind, festgestellt werden.

Mittels Webcam wurde vom Verhalten des Be in zwei Korrosionsmedien ein Zeitrafferfilm produziert, der für die Veranschaulichung der Vorgänge enorm hilfreich sein wird.

Zu den Löslichkeitsexperimenten deuten sich zum Zeitpunkt der Berichterstellung bereits einige interessante Gesichtspunkte an, die einer Interpretation bedürfen. Dies wird allerdings nicht trivial sein, da die zugrundeliegenden chemischen Vorgänge nicht voll verstanden sind, zumindest wurden bisher in der Literatur keine relevanten Informationen gefunden.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Messungen zur Validierung der Tritium-Freisetzung aus dem Transport- und Lagerbehälter können im September beginnen.

Die Langzeit-Löslichkeitsexperimente sollen noch bis etwa September weitergeführt werden, respektive so lange, wie sich Änderungen in den Versuchsansätzen feststellen lassen. Zur Erklärung und Interpretation des Verhaltens von Be in den angewandten Korrosionsmedien wäre es erforderlich, die zugrundeliegenden chemischen Vorgänge näher zu untersuchen. Dies könnte ausschließlich mit inaktivem Material erfolgen und die Arbeiten erleichtern. Allerdings würden solche Untersuchungen den zeitlichen und finanziellen Rahmen des derzeitigen Projektes sprengen und es wird daher vorgeschlagen, diesen Aspekt nach Vorlage des Abschlussberichtes zu diskutieren.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Siempelkamp Giesserei GmbH, Siempelkampstraße 45, 47803 Krefeld		Förderkennzeichen: 02 S 8011
Vorhabensbezeichnung: Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen. Weiterführende Untersuchungen (FORM III)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2001 bis 31.12.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
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 von 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 nicht gekerbter und gekerbter Hohlprofile: Bestimmung der Beanspruchung bei Rissinitiierung.
- V. Weiterentwicklung GJS-Werkstoff mit erhöhtem Reststoffanteil hinsichtlich höherer Duktilität und Bruchzähigkeit.
- VI. Fertigung und mechanische Prüfung nicht gekerbter und gekerbter kubischer Gusscontainer und zylindrischer Gussbehälter. Fallprüfungen unter Endlagerbedingung. Nachuntersuchung auf Rissinitiierung und Materialeigenschaften im Stück.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Der kubische Gusscontainer FORM III-2007 wurde auf mögliche Schäden aus der Fallprüfung in 2007 überprüft (kein Befund) und anschließend zum zweiten Mal an die BAM für die Wiederholung der Fallprüfung aus 5,55 m Höhe übergeben. Wie zuvor waren keine künstlichen Fehler eingebracht worden. Für die Vergleichbarkeit beider Fallversuche blieb auch die Gestaltung des Behälterbodens mit Randüberstand unverändert. Anfangs war befürchtet worden, dass das Betonfundament wegen des Randüberstands reißt. Ein intaktes Fundament ist eine der Voraussetzungen für die Erstellung eines Rechenmodells.
- Die Fallorientierung des Prüfmusters beim Impact war wie gewünscht plan auf das Fundament. Der kubische Gusscontainer wurde extrem stark beansprucht und hatte einen bislang noch nie beobachteten hohen Rücksprung von über einer halben Containerhöhe. An Gusscontainer und Fundament traten keine sichtbaren Schäden auf.
- Der zylindrische Gussbehälter wurde auf mögliche Vorschädigungen aus der Fallprüfung in 2007 untersucht. Ergebnis: ohne Befund. Er kann für weitere Versuche verwendet werden.
- Mit dem Ziel, den bruchmechanischen Sicherheitsnachweis für den Gussbehälter voranzutreiben, wurde in Abstimmung mit der BAM im Parallelvorhaben EBER III beschlossen, auch die 0,96 m Fallprüfung des zylindrischen Gussbehälters zu wiederholen. Für diese Wiederholung wird der Gussbehälter an der höchst beanspruchten Stelle einen künstlichen Kerb von „kritischer Größe“ erhalten. Für die bruchmechanische Bestimmung der „kritischen Kerbgröße“ wurden die Untersuchungen der dynamischen Bruchzähigkeit bei der Prüftemperatur -20°C des optimierten und ferritisierend geglühten FORM III-Werkstoffs wieder aufgenommen. Aus einem schon zuvor untersuchten, für Prüfzwecke gefertigten, Gussbehälter gleicher Gussqualität wurden weitere Proben entnommen und geprüft. Eine Besonderheit des Gusseisen-Sonderwerkstoffs GJS-FORM III ist sein spröde-duktilen Verhalten. Um gültige dynamische Bruchzähigkeiten zu ermitteln, mussten SE(B)50 Großproben mit der sogenannten K-Methode untersucht werden. Das Ergebnis waren gute $50 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$. Frühere Messkampagnen zur K-Wert Bestimmung an diesem Werkstoff über Rissfortschrittskurven oder mittels der K-Methode an kleinen Proben hatten keine befriedigenden Ergebnisse.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Auslegung der kritischen Größe des Kerbs für den zylindrischen Gussbehälter. Einbringen des Kerbs und Übergabe des Behälters an die BAM für die Fallprüfung.
- Nach der Fallprüfung wird der Gussbehälter zerlegt und beprobt und auf mögliche Rissinitiierung am Kerb nachuntersucht.
- Der kubische Gusscontainer wird ebenfalls zerlegt und beprobt. An der in der Fallprüfung höchstbeanspruchten Stelle wird die dynamische Bruchzähigkeit bestimmt.
- Die Übereinstimmung der Werkstoffeigenschaften des einen Prüfmusters mit den entsprechenden Werkstoffeigenschaften des zuvor umfangreich beprobten fertigungsgleichen zylindrischen Gussbehälters wird überprüft (Reproduzierbarkeit). Dieselbe Prüfung auf Übereinstimmung wird auch für das andere Prüfmuster mit den entsprechenden Werkstoffeigenschaften des zuvor umfangreich beprobten fertigungsgleichen kubischen Gusscontainers vorgenommen.

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 31.12.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 652.714,73 EUR	Projektleiter: Dr. Droste	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Rezyklierung radioaktiven Metallschrottes aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen erlaubt, die Menge des endzulagernden Materials und die Kosten für die Endlagerung zu reduzieren. Die Methoden der sicherheitstechnischen Bewertung von Transport- und Lagerbehältern mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen wurden in den Vorhaben EBER (02S7584) und EBER II (02S7788) entwickelt. Zur endgültigen Absicherung der Werkstoffeinsatzgrenzen in einem sicherheitstechnischen Bewertungskonzept sollen diese Methoden unabhängig vom Endlagerstandort formuliert, auf beliebige Aufprallfundamente übertragen und auf zylindrische Lagerbehälter erweitert werden. Dazu ist die Behälterbeanspruchungsanalyse weiterzuentwickeln. Noch offene Fragen in der werkstoffmechanischen Beurteilung sollen durch experimentelle Untersuchungen an Gussbauteilen beantwortet werden. Zusammenarbeit mit der Fa. Siempelkamp Gießerei GmbH & Co. KG, Krefeld als Zuwendungsempfänger des „Forschungsvorhabens zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen – Abschließende Untersuchungen (FORM III)“, Förderkennzeichen 02S8011.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Vorbereitung und Durchführung eines Fallversuchs mit dem Gusscontainer Typ FORM III-2007 ohne künstlich eingebrachte Werkstofffehler plan auf den Behälterboden. Es handelt sich hierbei um die Wiederholung des Fallversuchs vom 27.09.2007. Dazu wurde das im Vorhaben entwickelte Endlager-Referenzfundament überarbeitet für höhere ertragbare Lasten und lokale Lasteinleitungen, um die Anforderungen an den Aufpralluntergrund aus den Endlagerungsbedingungen für die Schachanlage Konrad noch besser zu erfüllen. Der grundsätzliche Aufbau dieses Prüffundaments blieb dabei unverändert. Die mit Schnellbindemörtel an das Versuchsstandfundament angekoppelte Fertigteile-Betonplatte wurde auf die Maße 3,4 m x 3,0 m x 0,4 m vergrößert, um Randeinflüsse zu minimieren. Auf der Grundlage der bei vorangegangenen Versuchen ermittelten Beschleunigungswerte und der daraus ermittelten Belastungen wurde deren Bewehrung verstärkt. Die Betonmischung blieb gleich. Zusätzlich erfolgte die Einspannung der Platte in einen neu konstruierten, ebenfalls verstärkten Stahlrahmen.
- Vorrangiges Ziel des Versuches am 24.04.2008 war die exakte Bestimmung der Beanspruchungszustände im Bauteil. Der auf -20 °C gekühlte Behälter hatte eine Masse von 16,14 Mg und wurde aus einer Höhe von 5,55 m abgeworfen. Der Testbehälter war mit einer Bodenleiste zur Beanspruchungsverringering ausgestattet. Die Betonplatte zeigte nach dem Versuch Einprägungen der Bodenleiste, blieb aber ansonsten unbeschädigt. Die Ankopplungsschicht zeigte nur leichte Schäden im Randbereich. Trotz eines erheblichen Rückpralls entstand am Behälter kein äußerlich erkennbarer Schaden. Der Container war mit 19 Dehnungsmessstreifen, 4 Beschleunigungsaufnehmern und 6 Temperatursensoren instrumentiert. Zusätzlich waren die vier Ecken der Betonplatte mit triaxialen Beschleunigungsaufnehmern versehen. Die Versuchsergebnisse wurden erfolgreich erfasst und dokumentiert. Eine erste Auswertung ist erfolgt, die Grundlage für die Zerlegung des Behälters für die Nachuntersuchungen ist. Die vorgenommenen Änderungen am Referenzfundament haben sich bewährt.
- Unmittelbar nach Abschluss des Versuchs wurde ein externes Prüflabor beauftragt, anhand dreier Bohrkerne aus der beim Fallversuch mit dem Gusscontainer verwendeten Platte die tatsächlich vorliegende Betondruckfestigkeit zu prüfen. Die ermittelte Festigkeit liegt etwas unter dem anhand einer Versuchsserie prognostiziertem Wert. Die in den genannten Endlagerungsbedingungen definierte Betonqualität B35 wurde erreicht.
- Erste Vorbereitungen zu einem Fallversuch mit einem zylindrischen Gussbehälter Typ FORM III-2007 mit eingearbeitetem Kerb zur Demonstration der Bruchsicherheit eines Behälters aus Gusseisen mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen wurden getroffen. Dazu wurden der Ort und der Wert der höchsten Beanspruchung im Behälter anhand der Auswertung des 0,96 m-Fallversuchs vom 18.10.2007 und der numerischen Simulation dieses Versuchs bestimmt sowie der Spannungsverlauf für die Kerbbemessung ermittelt.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Weitere Auswertung und Aufbereitung der Messergebnisse des Fallversuchs mit dem Gussbehälter und deren Präsentation während der nächsten Projektbesprechung.
- Vorbereitung, Durchführung und Auswertung eines abschließenden Fallversuchs mit einem Gussbehälter auf die Mantellinie mit eingebrachtem Kerb.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Universität Karlsruhe (TH), Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe		Förderkennzeichen: 02 S 8223
Vorhabensbezeichnung: Inaktivierung von Mdm2 nach ionisierender Strahlung – Aufklärung der Signaltransduktionskette		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2003 bis 31.07.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
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.

Wissenschaftliche 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: Wir hatten das Manuskript zu diesen Arbeiten im vergangenen Berichtszeitraum zur Veröffentlichung eingereicht. Das Manuskript wurde von den Gutachtern als interessant und veröffentlichungswürdig eingestuft. Allerdings sollten weiterführende Experimente durchgeführt werden. Diese Untersuchungen wurden im vorvergangenen Berichtszeitraum durchgeführt und das Manuskript erneut eingereicht. Leider konnten die Gutachter noch immer nicht zufrieden gestellt werden und es waren erneut weitere Experimente durchzuführen. Auch diese Arbeiten wurden im vorvergangenen Berichtszeitraum weitgehend durchgeführt und das Manuskript erneut eingereicht. Wir bekamen das Manuskript allerdings ein drittes Mal zurück, mit dem Wunsch nach weiteren Experimenten. Diese Arbeiten wurden im vergangenen Berichtszeitraum durchgeführt.

Zu den durchgeführten Experimenten zählen:

- Vergleich der p53 Phosphorylierung von AT und Wildtyp Zellen
- Wiederholung des Experimentes zur Mengenzunahme des p53 Proteins in Gegenwart einer GSK-3 Mutante zur Darstellung des transfizierten GSK-3 Proteins
- Weitere Mutation an Phosphorylierungsstellen des Mdm2 Proteins und mehrfache Wiederholungen um Mittelwerte und Standardabweichungen zu berechnen.

Im Anschluss an diese Arbeiten wurde das Manuskript von der renommierten Zeitschrift Proceedings of the National Academy of Science angenommen.

Zu B: Im vorvergangenen Berichtszeitraum haben wir uns mit der Frage beschäftigt, welche Rolle CKIdelta überhaupt für die zelluläre Strahlenantwort spielt. Dazu haben wir CKIdelta sowohl mit einem chemischen Inhibitor als auch mit siRNA ausgeschaltet. Dabei zeigte sich bei beiden Ansätzen übereinstimmend, dass bei Abwesenheit oder bei Inaktivierung von CKIdelta mehr Zellen eine Strahlenbehandlung überlebten. Sowohl die Koloniebildungsfähigkeit als auch die Proliferationsrate war unter diesen Bedingungen gesteigert. Mehrere Arten von Kulturzellen, die wir für diese Arbeiten verwendet hatten, zeigten dabei die gleiche Tendenz. Diese Arbeiten haben wir im vergangenen Berichtszeitraum abgeschlossen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Ausschaltung von CKIdelta (sowohl durch siRNA als auch durch chemische Inhibitoren in allen untersuchten Zelllinien das Überleben nach Bestrahlung verbesserte. Das Überleben lag dabei in Abhängigkeit von Zelllinie und Versuch bei 5 bis 20 % über dem Überleben von Zellen mit unbeeinträchtigter CKIdelta.

4. Geplante Weiterarbeiten

Das Projekt wurde mit Ablauf des Berichtszeitraums abgeschlossen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Böhme A, Kulikov R und Blattner C. 2008. p53 stabilization in response to DNA damage requires Akt/PKB and DNA-PK. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 105, 7785-7790.

Zuwendungsempfänger: Universität Duisburg-Essen, Universitätsklinikum 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: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 361.512,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Iliakis	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

Einzelziele:

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

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Wie in der letzten Periode der vorherigen Phase, wurde auch in dieser Phase das Projekt an mechanistischen Studien über den G2-Checkpoint konzentriert. Dabei wurden folgende Resultate erzielt:

- Experimente, die die Aktivierung des ATR-Chk1 Signalweges untersucht haben, haben eindeutig gezeigt, dass ATR eine dominante Rolle beim Aufbau des G2-Blocks spielt. Für diese Untersuchungen wurden ATR-defiziente Zellen, wie auch Chk1 Hemmstoffe eingesetzt.
- Experimente, die die Aktivierung von ATM untersuchten, haben gezeigt, dass ATM zwar eine wichtige Rolle für die sofortige Hemmung der Zellteilung spielt, es aber für die weitere Aufrechterhaltung dieser Hemmung nicht von essentieller Bedeutung ist. Diese Experimente und Ergebnisse ergänzen die oben erwähnten Experimente mit ATR und zeigen eine Kooperation zwischen den zwei Kinasen in dem molekularen Mechanismus des G2-Checkpoints.
- Immunofluoreszenz-Experimente haben eine um den Doppelstrangbruch konzentrierte Aktivierung von ATM gezeigt, in der Form einer Phosphorylierung an Serine 1981. Diese Ergebnisse zeigen eine direkte Verbindung zwischen Doppelstrangbruch und der Aktivierung von ATM bzw. des G2-Checkpoints und werden im Moment im Hinblick auf eine Interaktion mit den Prozessen, die den Zellzyklus regulieren, analysiert.
- Die quantitative Analyse von ATM-pS1981 Foci hat Hinweise über die dahinter liegenden Reparaturwege gebracht und werden zurzeit weiter untersucht.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die oben beschriebenen Erkenntnisse werden, falls möglich, auf die A1-5 eingesetzt um Informationen über die Signalverhältnisse nach GAMA-Einwirkung zu sammeln und dadurch die Effekte von GAMA auf Checkpoints besser zu charakterisieren.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Eine Veröffentlichung wird zurzeit vorbereitet.

Zuwendungsempfänger: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Unter den Eichen 87, 12205 Berlin		Förderkennzeichen: 02 S 8274
Vorhabensbezeichnung: Fallversuche mit Brennelement-/HAW-Transport- und Lagerbehältern in Originalgröße		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2004 bis 31.12.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 505.736,00 EUR	Projektleiter: Dr. Droste	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Stilllegung der deutschen Kernkraftwerke und damit die Zwischenlagerung von hoch radioaktiven Abfällen sowie der darauf folgende Transport zur Endlagerung bedingt die Erforschung stoßartiger 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. Versuchsdurchführung
- III. Erweiterte Versuchsauswertung
- IV. Berechnung von Versuchsauswirkungen
- V. Vergleich von gemessenen und berechneten Behälterbeanspruchungen
- VI. Ermittlung von Stoßdämpfermaterialgesetzen
- VII. Kooperation mit U.S. NRC

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Durchführung und Auswertung dynamischer Kompressionsvorversuche unter Parametervariation mit skalierten Stoßdämpferholzproben im Prüfstand für geführte Fallversuche
- Optimierung des Versuchaufbaus für Kompressionsversuche mit skalierten Stoßdämpferholzproben resultierend aus den Ergebnissen der ersten Versuchsauswertungen
- Untersuchungen zur Anwendbarkeit verschiedener Materialgesetze für Fichtenholz und der Anwendbarkeit verschiedener Modellierungsformen für Stoß dämpfende Bauteile
- Verfassen der Teilberichte "CONSTOR® V/TC" sowie "MSF-69/BG"
- Organisation der Bereitstellung der MSF-69/BG-Daten an U.S. NRC

4. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung dynamischer Kompressionsversuche mit skalierten Stoßdämpferholzproben im Prüfstand für geführte Fallversuche
- Konstruktion und Installation einer Temperierhaube am Prüfstand für geführte Fallversuche
- Untersuchung des dynamischen Kompressionsverhaltens von Holzproben in Abhängigkeit von der Prüftemperatur (- 40 °C, RT, 100 °C)
- Auswertung von Kraft-Deformation-Verläufen resultierend aus den Versuchen mit Holzproben
- Vergleichende Analyse der resultierenden Beanspruchungszeitverläufe mit den unter konstanten Dehnraten ermittelten Parametern
- Weiterführung der Untersuchungen zur Anwendbarkeit verschiedener Materialgesetze für Fichtenholz und der Anwendbarkeit verschiedener Modellierungsformen für Stoß dämpfende Bauteile
- Abschluss der Teilberichte "CONSTOR® V / TC" sowie "MSF-69 / BG"
- Fortsetzung der Kooperation zwischen BAM und U.S. NRC auf dem Gebiet der Sicherheitsbeurteilung von Brennelementtransport- und Lagerbehältern im Modell- und Originalmaßstab: Fortführung des Austauschs und Vergleichs von Versuchs- und Berechnungsergebnissen
- Erstellung eines Abschlussberichts zum Forschungsvorhaben

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 31.10.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 616.671,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Büchel	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Laboruntersuchungen

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

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

Testfeld Gessenwiese

Auf dem Testfeld werden ausgewählte Pflanzen angebaut und nach definierten Zeiträumen zu Analysezwecken geerntet. Daneben werden diverse Größen der klimatischen Wasserbilanz, der Hydrogeologie und der Hydrochemie ermittelt und Probenmaterial (Grundwasser, Sickerwasser, Bodenproben) für Analysezwecke gewonnen.

VKTA Rossendorf

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Laborarbeiten:

Die im Zuge der mikrobiologischen Probenahme isolierten (zumindest fakultativ aeroben) Stämme wurden in kontrollierten Batchversuchen eingesetzt (Elution belasteten Materials). Dabei wurde das De-/Mobilisierungsvermögen der einzelnen Stämme, sowie Konkurrenzsituationen zwischen inokulierten und autochthonen Mikroorganismen näher beleuchtet. Die Versuche zeigten einen dominanten autochthonen Organismus, der daraufhin isoliert wurde und derzeit identifiziert wird.

Die dabei auftretenden Fraktionierungen der SEE werden in den folgenden Arbeiten weiter verifiziert. Es erfolgen Batchversuche mit künstlichen Lösungen (Mn, später Fe, Al) unter der Anwesenheit von SEE und dem Einsatz lebender und toter Mikroorganismen zur Identifikation der ablaufenden Prozesse (De-/Mobilisierungsprozesse, Ko-/Präzipitation, Sorption, biolog. Umsatz etc.).

Feldarbeiten:

Die Lysimeterversuche auf dem Gelände des VKTA Rossendorf wurden durchgeführt. Dabei wurde Bodenmaterial des Standortes Rossendorf, sowie der Gessenwiese mit den Radionukliden ^{90}Sr und ^{137}Cs versetzt. Auf Kleinlysimetern erfolgte der Anbau von Sonnenblume (*Helianthus annuus*) mit einem zum Testfeld Gessenwiese vergleichbarem Versuchsdesign (mikrobiologischen Behandlung mit Streptomyceten und Mykorrhiza). Der Transfer der Radionuklide und weiterer Schwermetalle (insbesondere die Seltenen Erden Elemente) wird an Boden- und Pflanzenanalysen bestimmt (Ernte der Pflanzen ist bereits erfolgt, Analysen laufen zurzeit).

Auf dem Testfeld Gessenwiese wurden Pflanzversuche analog zur Vegetationsperiode 2007 angesetzt. Das bedeutet im Einzelnen; Anbau von Sonnenblume (*Helianthus annuus*), sowie die mikrobiologischen Behandlungen mit Mykorrhiza und Mykorrhiza/Streptomyceten. Ziel ist der Vergleich der Vegetationsperioden 2007 und 2008 in einer Längsstudie.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Laborexperimente werden mit den o. g. Batchversuchen und den damit verbundenen mikrobiologischen Untersuchungen abgeschlossen.

Die Analysen der Pflanzversuche 2008 werden zum Abschluss gebracht.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Dimkpa, C., Svatoš, A., Merten, D., Büchel, G. & Kothe, E. (2008): Hydroxamate siderophores produced by *Streptomyces acidiscabies* E13 bind nickel and promote growth in cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under nickel stress. – Can. J. Microbiol. 54, 163-172 .

Grawunder, A., Lonschinski, M., Merten, D. & Büchel, G. (accepted): Distribution and bonding of residual contamination in glacial sediments at the former uranium mining leaching heap of Gessen/Thuringia, Germany. – Chem. Erde.

Neagoe, A., Merten, D., Iordache, V., Büchel, G. (accepted): The effect of bioremediation methods involving different degrees of soil disturbance on the export of metals by leaching and by plant uptake. – Chem. Erde.

Schmidt, A., Haferburg, G., Schmidt, A., Lischke, U., Merten, D., Ghergel, F., Büchel, G., Kothe, E. (accepted): Heavy metal resistance to the extreme: *Streptomyces* strains from a former uranium mining area. – Chem. Erde.

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 31.12.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 90.502,80 EUR	Projektleiter: Dr. Caspary	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Gesamtsoftware wurde auf einem Workshop der 'Working Group A: Non-Destructive Testing' des 'European Network of Testing Facilities for the Quality Checking of Radioactive Waste Packages' (ENTRAP) vorgestellt. Aufgrund des großen internationalen Interesses wurde unter den Projektpartnern beschlossen, die Internationalisierung, die Dokumentation und den Aufbau eines Hilfesystems vorzuziehen, um die Software den Partnern aus dem ENTRAP zur Verfügung stellen zu können. Die Projektpartner versprechen sich dadurch ein kritisches Feed-Back, zusätzliche Tests und Verifikationen sowie Impulse für die Weiterentwicklung und Optimierung.

Die Arbeiten des FZJ hierzu sind abgeschlossen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Im Anschluss an die Realisierung des Hilfesystems und die Internationalisierung werden die Arbeiten zur Vermeidung der numerischen Instabilitäten im ART- Algorithmus weitergeführt. Nach ihrem Abschluss müssen die Testrechnungen zum Teil wiederholt werden, um die optimale Einstellung der Rechenparameter und die Leistungsfähigkeit des Algorithmus zu bestimmen. Im Anschluss werden unterschiedliche Objektmodelle mit derselben Zählratenverteilung ausgewertet und geprüft, ob der Einsatz des Algorithmus eine genauere Bestimmung des Aktivitätsinventars zulässt und eine belastbare Aussage über die Unsicherheit des Aktivitätsinventars gestattet. Sollte dies gelingen, folgen die Integration in die Software und Verifizierung des Gesamtsystems.

5. Berichte, Veröffentlichungen

SWGgamma - A versatile tool for NDA of radioactive waste packages, 11. Meeting of Working Group A, European Network of Testing Facilities for Radioactive Waste Packages (ENTRAP), 26. - 27. März 2008, Rez, Tschechische Republik

SWGgamma - Ein universelles Hilfsmittel für Kalibration, Simulation und Auswertung, 5. Workshop RCA, Radiochemische Analytik bei Betrieb und Rückbau kerntechnischer Anlagen, der Deklaration von Abfällen und im Strahlenschutz, 16. - 17. Juni 2008, Dresden

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 31.12.2008		Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 210.498,00 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:

- AP1: Optimierung und Erweiterung der bereits entwickelten Analysealgorithmen.
- AP2: Erweiterung und Verbesserung des den Simulationen zugrunde liegenden Objektmodells.
- AP3: Verbesserte Einbindung von Messdaten und weiterer Informationen.
- AP4: Flexibilisierung des Analyseverfahrens.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Das Programm SWGamma wurde auf einem Workshop der 'Working Group A: Non-Destructive Testing' des 'European Network of Testing Facilities for the Quality Checking of Radioactive Waste Packages' (ENTRAP) präsentiert. Aufgrund des regen internationalen Interesses wurde von den Projektpartnern beschlossen, die Internationalisierung, die Dokumentation und den Aufbau eines Hilfesystems vorzuziehen, um die Software den Partnern aus dem ENTRAP möglichst bald zur Verfügung stellen zu können. Die Projektpartner versprechen sich dadurch ein kritisches Feed-Back, zusätzliche Tests und Verifikationen sowie Impulse für eine spätere Weiterentwicklung und Optimierung.

Die Arbeiten bezüglich der englischen Version der von RCM entwickelten Programmteile sind weitestgehend abgeschlossen. Mit dem Aufbau des Hilfesystems wurde begonnen. Es wurden weitere Optimierungen und Überarbeitungen am Modul für die (automatische) Analyse von Messdaten vorgenommen und getestet. Parallel hierzu wurde mit der Verifikation einzelner Module (z. B. Simulationsmodul) begonnen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Im folgenden Halbjahr werden alle noch ausstehenden Arbeiten abgeschlossen. Hierzu zählen neben der Fertigstellung der Dokumentation, der Optimierung und Durchführung weiterer Tests des Analysemoduls sowie seiner endgültigen Einbindung in die Oberfläche von SWGamma, die Durchführung von Verifikationsmessungen. Ein neues Messsystem wurde speziell für diese Messungen modifiziert.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Vorträge:

SWGamma - A versatile tool for NDA of radioactive waste packages, 11. Meeting of Working Group A, European Network of Testing Facilities for Radioactive Waste Packages (ENTRAP), 26. - 27. März 2008, Rez, Tschechische Republik.

SWGamma - Ein universelles Hilfsmittel für Kalibration, Simulation und Auswertung, 5. Workshop RCA, Radiochemische Analytik bei Betrieb und Rückbau kerntechnischer Anlagen, der Deklaration von Abfällen und im Strahlenschutz, 16. - 17. Juni 2008, Dresden.

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Darmstadt, Karolinenplatz 5, 64289 Darmstadt		Förderkennzeichen: 02 S 8335
Vorhabensbezeichnung: Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2005 bis 30.10.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
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 durch niedrige Dosen ionisierender Strahlung zu erhalten. Dies ist für geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor zivilisatorischer Strahlenbelastung und für eine wissenschaftlich fundierte Festlegung von Grenzwerten für den Umgang mit und die Entsorgung von radioaktivem Material essentiell. Um verlässliche Vorhersagen über das Krebsrisiko in dem für den Strahlenschutz relevanten Dosisbereich von wenigen mSv machen zu können, müssen die für hohe Strahlendosen bekannten Risiken zu niedrigen Dosen hin extrapoliert werden. Dazu bedarf es eines mechanistischen Verständnisses der nach Bestrahlung mit niedrigen Dosen ablaufenden zellulären Prozesse, die zu für die Krebsentstehung relevanten genetischen Veränderungen führen. Ziel des Vorhabens ist es, solche genetischen Veränderungen im Bereich niedriger Dosen durch Untersuchungen an bestrahlten Personen zu erfassen und in einen quantitativen Zusammenhang zur Strahlendosis zu stellen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP3: Etablierung eines Mausmodells zur Messung der DSB-Reparatur

Frühere Studien hatten gezeigt, dass Zellen nach niedrigen Dosen Röntgenstrahlung über mehrere Tage hinweg γ H2AX-Foci aufweisen, die einen Marker für unreparierte DSBs darstellen. Dies deutete auf ein eingeschränktes Reparaturvermögen der Zellen bei einer niedrigen Anzahl an DSBs hin. In dieser vorherigen Studie wurden die Experimente in der Zellkultur durchgeführt. Um zu untersuchen, ob diese Effekte auch in bestrahlten Geweben auftreten, wurde in Zusammenarbeit mit der Klinik für Strahlentherapie an der Universität des Saarlandes die Methode der γ H2AX-Immunfluoreszenzmikroskopie in verschiedenen Organen von *in vivo*-bestrahlten Mäusen etabliert (1).

AP4: Checkpoint-Messung in lebenden Zellen

Wie in vorherigen Berichten erläutert, reagiert der G2/M-Checkpoint relativ insensitiv auf DSBs, so dass sich Zellen mit ~20 unreparierten DSBs teilen. Es gab Hinweise darauf, dass diese Zellen im darauffolgenden Zellzyklus den G1-Checkpoint aktivieren, was auf eine höhere Empfindlichkeit des G1-Checkpoints hinweist. Im Rahmen dieses Projekts konnte dies bereits mit der Methode der Lebendzellmikroskopie anhand von U2OS-Zellen, die mit einem 53BP1-GFP-Konstrukt transfiziert worden waren, bestätigt werden. Weitere Experimente mit diesem Zellsystem zeigten, dass das Einsetzen des G1-Checkpoints abhängig davon ist, zu welchem Zeitpunkt im Zellzyklus die Zellen bestrahlt werden. Da es sich bei diesen Zellen um eine Tumorzelllinie handelt und Tumorzelllinien häufig Defekte im G1-Checkpoint besitzen, sollte eine weitere Charakterisierung des G1-Checkpoints mit humanen, nicht-transformierten Fibroblasten durchgeführt werden. Dazu wurden diese Zellen mit einem pDSRed-LigaseI-Plasmid transfiziert, welches in der Lebendzellmikroskopie als Zellzyklusmarker herangezogen werden kann. Auch in diesem Zellsystem konnte eine Abhängigkeit des Einsetzens des G1-Checkpoints sowie die Länge des Arrests vom Zeitpunkt der Bestrahlung sowie der applizierten Dosis beobachtet werden. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass der G1-Checkpoint zwar relativ langsam einsetzt, in einem Großteil der Zellen aber bereits bei Dosen aktiviert wird, die nur wenige DSBs induzieren.

4. Geplante Weiterarbeiten

Zu AP3: DSB-Reparatur nach niedrigen Dosen ionisierender Strahlung

Anhand der Lebendzellmikroskopie soll untersucht werden, ob es sich bei den persistierenden DSBs um die ursprünglich induzierten oder nachträglich durch indirekte Effekte entstandenen Brüche handelt. Da die zu erwartenden Effekte sehr gering sind, ist es in diesem Ansatz notwendig, dass das verwendete Zellsystem einen sehr geringen Hintergrund an spontanen γ H2AX-Foci aufweist. Mit der Fibrosarkom-Zelllinie HT1080, welche mit einem 53BP1-YFP-Konstrukt transfiziert wurde, steht nun ein vielversprechendes Zellsystem zur Verfügung. Weiterhin soll anhand der etablierten Methode der γ H2AX-Immunfluoreszenzmikroskopie im Mausgewebe untersucht werden, ob das Phänomen der über einen langen Zeitraum unreparierten DSBs auch nach einer *in vivo*-Bestrahlung beobachtet werden kann.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Rübe, C., Grudzenski, S., Kühne, M., Dong, X., Rief, N., Löbrich, M. and Rübe, C. (2008), *Clin Cancer Res*, in print

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 31.12.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
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

AP5: Rolle von NBS1 in der IGF-1 Signaltransduktion

Die Induktion der Zellproliferation und des Zellwachstums durch IGF1 ist in *NBS1* knockdown Zellen gestört. Wir konnten zeigen, dass bereits sehr frühe Ereignisse wie die Phosphorylierung von c-Raf durch den Knockdown von *NBS1* beeinträchtigt ist. Als Ursache hierfür könnten wir eine geringere Expression von Komponenten des IGF-1 Signaling Kaskade (*SOS1*, 2; *IGF-1R*) in *NBS1* knockdown Zellen nachweisen. Durch IGF1 findet auch eine Erhöhung der Strahlenresistenz statt, welche nach knockdown von *NBS1* nicht mehr gefunden werden kann. Außerdem konnten wir zeigen dass eine IGF-1 Stimulierung zu einer Phosphorylierung von *NBS1* an Ser-343 führt.

AP5: Rolle von NBS1 in der Basenexcisionsreparatur

Mit Hilfe eines oligonukleotid-basierten Basenexcisionsreparaturassay zeigten wir eine verminderte Reparaturkapazität in Extrakten von *NBS1* knockdown Zellen. Die verminderte Reparaturkapazität wurde mit Uracil und 8-oxo-Guanin als schadhafte Base festgestellt. Mit einem weiteren oligonukleotid-basierten Assay konnten wir zeigen, dass die Polymeraseaktivität in *NBS1* Zellextrakten verringert ist. Parallel zu den Untersuchungen in Säugerzellen konnten wir zeigen, dass auch *XRS2* (Hefehomolog zu *NBS1*) eine Funktion in BER hat.

4. Geplante Weiterarbeiten

- IGF-1 führt zu einer Phosphorylierung von Nbs1 und zu einer Erhöhung der Strahlenresistenz. In weiteren Experimenten wollen wir untersuchen inwieweit diese beiden Vorgänge miteinander gekoppelt sind und durch welche Kinase (ATM?) die Phosphorylierung vermittelt wird.
- In weiteren Untersuchungen zur Basenexcisionsreparatur wollen wir überprüfen, ob auch die Komplexpartner von Nbs1, Mre11 und Rad50 eine Funktion in der BER haben. Des Weiteren wollen wir mittels Immunpräzipitation potentielle Proteinassoziationen zwischen Nbs1 und Komponenten der BER analysieren. Zur Untersuchung der Epistasiebeziehung zwischen verschiedenen Genen der BER wollen wir die Untersuchungen von *XRS2* im Modellsystem Hefe fortführen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

A. Hematulin, D. Sagan, F. Eckardt-Schupp, S. Moertl: A new role for NBS1 in cell cycle progression and cell proliferation via the Ras/Raf/MEK/MAP pathway, JBC, under review
 Daniel Sagan, Romy Müller, Carina Kröger, Friederike Eckardt-Schupp: The DNA repair protein NBS1 influences the base excision repair pathway, DNA repair, under review
 A. Hematulin: The role of NBS1 in the insulin-like growth factor-1 signaling, Thesis, Ludwig-Maximilians Universität München, 2008

Zuwendungsempfänger: Gesellschaft für Schwerionenforschung mit beschränkter Haftung, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt		Förderkennzeichen: 02 S 8355
Vorhabensbezeichnung: Molekulare und zelluläre Wirkung dicht ionisierender Strahlen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2006 bis 31.07.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 2.189.464,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Kraft	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

Für diese Arbeiten werden zwei Arbeitsgruppen eingerichtet, die thematisch sowohl in die Forschung der TUD als auch der GSI integriert sind und mit entsprechenden Laboren und Arbeitsmethoden installiert werden. Um die Analysemethoden für die Experimente auf den derzeitigen Stand der Wissenschaft zu halten, ist eine enge Zusammenarbeit mit den vorhandenen Lehrstühlen der TUD geplant.

Zu den wesentlichen Aufgaben der TUD gehört auch die Vertretung des neuen Gebiets in der Lehre, d. h. in Vorlesungen und in Praktika, sowie Betreuung von Diplom- und Doktorarbeiten. Diese Lehrtätigkeit soll sich vor allem in das Curriculum Biologie einfügen. Zusätzlich ist eine enge Zusammenarbeit in der Studentenausbildung innerhalb des Arbeitsgebietes Bionik und mit der Physik geplant. Langfristig wird angestrebt, einen Studiengang Biophysik/Strahlenbiologie anzubieten. Eine Zusammenarbeit der TUD mit der FH wird auch auf diesem Gebiet angestrebt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Schwerpunkte der Forschungsvorhaben an der GSI sind folgende Untersuchungen:

- primäre Strahlen-induzierte DNA-Veränderungen (Strahlplatz Mikroskopie) und komplexe Ionen-induzierte DANN-Schäden, Reparatur- und Signalübertragung, chromosomale Schäden
- Zelluläre Strahlenreaktion: Proteinbiochemie, Zellzyklusanalyse und Zelltod (RBW)
- Langzeitfolgen der Strahlenwirkung: Differenzierung, Genetik, Transformation (RBW)
- Entzündungshemmende Effekte bei niedrigen Dosen
- Modellrechnungen und biologische Verifizierung
- Experimente am Mikrostrahl zur Wirkung kleiner Dosen

An der TUD sind folgende Schwerpunkte geplant:

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Zu Beginn des Berichtszeitraums wurden die Forschungstätigkeiten der Arbeitsgruppe „Molekulare Strahlenbiologie“ im Übergangsbau vollständig aufgenommen. Das Laborgebäude wurde fertig gestellt, und gegen Ende des Berichtszeitraums erfolgte der Umzug in die endgültigen Labor- und Büroräume. Des Weiteren wurde die Beschaffung notwendiger Laborgeräte fortgesetzt. Die Arbeitsgruppe „Molekulare Strahlenbiologie“ übernahm die Betreuung zweier Diplomanden sowie die eines Forschungspraktikanten. Im SS2008 wurde ein fünfwöchiges Praktikum „Molekulare Strahlenbiologie“ für Studenten des Diplomstudiengangs Biologie angeboten. Weiterhin wurde mit der Konzipierung des Fachgebiets „Strahlenbiologie“ im Rahmen des Bachelor- und Master-Programms der TUD fortgefahren. Zu Beginn des SS2008 nahm Frau Dr. M. Christina Cardoso ihre Lehrtätigkeit an der TUD auf und begann mit dem Aufbau der Arbeitsgruppe und des Labors.

Die wissenschaftlichen Arbeiten konzentrierten sich im Berichtszeitraum auf mechanistische Untersuchungen der Reparatur von komplexen DNA-Doppelstrangbrüchen (DSBs) und die Etablierung weiterer Methoden zu deren Nachweis. Frühere Arbeiten deuteten auf eine Beteiligung der Proteine ATM und Artemis an der Reparatur komplexer DSBs in stationären Zellen hin. Weiterführende Experimente nach Bestrahlung an der GSI bestätigten, dass Artemis-defiziente Zellen nach dicht ionisierender Teilchenstrahlung einen größeren Reparaturdefekt als nach dünn ionisierender Strahlung aufweisen, was eine Rolle dieses Proteins bei der Reparatur komplexer DSBs bestätigt. Neueste Ergebnisse legen nahe, dass ATM und Artemis auch an der Reparatur komplexer DSBs in der G2-Phase über homologe Rekombination beteiligt sind (1).

Ein weiteres Projekt beschäftigt sich mit der Bedeutung der Chromatinstruktur für die Reparatur von DSBs. Fortführende Reparaturstudien in unterschiedlich stark kondensierten Genombereichen bestätigten, dass ATM auch bei der Reparatur von DSBs in stark kondensiertem Heterochromatin eine Rolle spielt (2). Neben der Reparatur ist nach Auftreten von komplexen DSBs auch ein Anhalten im Zellzyklus durch sog. Checkpoints für die Beseitigung der Schäden von großer Bedeutung. Mechanistische Studien zur Regulation des G2/M-Checkpoints zeigten, dass die Mediator-Proteine MDC1 und 53BP1 für die Verstärkung des Schadenssignals und somit für eine ausreichend lange Aufrechterhaltung des Checkpoints essentiell sind (3).

4. Geplante Weiterarbeiten

Der Aufbau der Arbeitsgruppe „Strahlenbiologie“ soll weiter vorangetrieben werden. Ende des Jahres 2008 sollen in dieser Arbeitsgruppe die ersten Diplomarbeiten aus dem Fachbereich Biologie der TUD abgeschlossen werden. Des Weiteren wird die Betreuung mehrerer Forschungspraktikanten übernommen werden. Im WS08/09 werden die Arbeitsgruppen von Prof. Löbrich und Prof. Cardoso im Rahmen des neuen Bachelor- und Master-Studiengangs „Technische Biologie“ Vorlesungen in Zellbiologie und Molekularer Strahlenbiologie anbieten.

Der Schwerpunkt der wissenschaftlichen Arbeiten wird auf der Untersuchung der Mechanismen zur Reparatur von komplexen DSBs liegen. Dazu sollen weitere Experimente mit dicht ionisierender Teilchenstrahlung durchgeführt werden. In einem weiteren Arbeitspaket wird die Regulation von Zellzykluscheckpoints nach ionisierender Strahlung eingehender untersucht werden. Diese Untersuchungen werden weitere Einblicke in das Zusammenspiel von Reparatur und Zellzykluskontrolle nach ionisierender Strahlung liefern.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden		Förderkennzeichen: 02 S 8356
Vorhabensbezeichnung: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abproduktkonditionierung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2006 bis 31.07.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 443.947,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Knorr	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Abschluss der Verifizierung der bisherigen Ergebnisse zum Nachweis von Radionukliden auf der Betonoberfläche und in der Betonschmelze
- Abschluss der Arbeiten zur Erweiterung der Ergebnismatrizen für die Ermittlung optimaler Laserparameter unter Verwendung einer weiterentwickelten Ausblasdüse. Der Schwerpunkt lag auf der Erzeugung großflächiger Abtragsfelder durch parallele Abtragspuren
- Konstruktion und Herstellung einer neuartigen Koaxialdüse unter Ausnutzung des Coanda-Effektes zur Realisierung einer maximalen Abtragsleistung
- Inbetriebnahme der neuen Koaxialdüse und Ermittlung der Abtragseigenschaften
- Untersuchungen zum elektromagnetischen Abheben von Schmelzetropfen
- Untersuchungen zur Integration der elektrostatischen Abscheidung von Radionukliden in die Absaugdüse
- Abschluss der experimentellen Arbeiten mit Demonstration des komplexen Zusammenwirkens der einzelnen Prozessschritte

Ergebnisse:

Die Untersuchungen zum Einfluss der Laserparameter auf die Radionuklidfreisetzung ergaben, dass insbesondere der Randbereich der Laserspür eine Problemzone darstellt, da beim flächigen Abtrag die folgende Laserspür den schon einmal aufgeschmolzenen Randbereich der vorherigen Spür noch einmal mit erfassen muss. Durch das wiederholte Aufschmelzen wird vor allem das leicht flüchtige Cs (untersuchter Nuklidvektor: ^{60}Co , ^{85}Sr , ^{137}Cs und Uran) verstärkt freigesetzt. Die Lösung des Problems ist im Einsatz stärkerer Laser zu sehen, da diese es ermöglichen, durch die höhere Leistung in Verbindung mit einem Rechteckstrahlprofil die Anzahl der erforderlichen Doppelbestrahlungen bei gleicher Fläche deutlich zu reduzieren. (Anmerkung: ein Schwerpunkt im Projekt MANOLA (02S8558) ist der Einsatz eines 10 kW-Lasers zur Dekontamination). Die Tests mit dem neuentwickelten Laserbearbeitungskopf mit Coanda-Koaxialdüse zeigten die sehr gute Eignung des Gerätes. Diese Konstruktion bildet die Basis für den künftigen manipulatorgetragenen Bearbeitungskopf des 10 kW-Lasersystems. Da hierfür die mobile Bearbeitungseinheit möglichst leicht sein soll, wurde auf die Integration der elektrostatischen Abscheidung (APVIII) in die Düse zu Gunsten einer separat aufgestellten Elektrofiltereinheit verzichtet. Die Untersuchungen zum elektromagnetischen Abheben von Schmelzetropfen zeigten, dass metallische Tropfen sich gut in Levitation bringen lassen, für silikatische Schmelzen hingegen sind die erreichbaren Kräfte nicht ausreichend. D. h. ein solches System eignet sich gut zum selektiven Abheben von Schmelzen metallischer Komponenten (Dübel im Beton ...) während des Abtragsprozesses.

4. Geplante Weiterarbeiten

Erstellung des Abschlussberichtes und Überführung der Ergebnisse in das Projekt MANOLA.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Vortrag auf Tagung KONTEC 2005
 Vortrag Jahrestagung Kerntechnik 2006
 Vortrag auf Tagung KONTEC 2007
 Abschlussbericht in Vorbereitung

Zuwendungsempfänger: Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstraße 45, 47803 Krefeld		Förderkennzeichen: 02 S 8366
Vorhabensbezeichnung: Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzschichten auf dickwandigen End- und Zwischenlagerbauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten -SHARK-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2006 bis 30.09.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 440.490,00 EUR	Projektleiter: Dipl.-Ing. Dyllong	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP2.1: Klassifizierung bisheriger Beschichtungen
Spezifizierung bisheriger Beschichtungen von ausgewählten Nuklearkomponenten und die Gegenüberstellung zu den im Vorfeld des Vorhabens gewonnenen Ergebnissen.
- AP2.2: Adaption der HVOF-Technologie für die Anwendungen in der Nukleartechnik
Prüfung bestehender Regelwerke, Einbeziehung entsprechender Sicherheitsrandbedingungen (z. B. Schallschutz) und die Festlegung von Maßnahmen zur Qualitätssicherung. Machbarkeitstest an einer zylindrischen Kleinkomponente (ca. 7 t).
- AP2.3: Auswahl von Komponenten für die Verifizierung der großtechnischen Umsetzung
Auswahl des Equipments insbesondere der Filter- und Manipulatorstechnik zur Beschichtung des Großzylinders.
- AP2.4: Programm möglicher Reparatur- und Nachbehandlungsschnitte
Definition und Auswahl der Nachbehandlungs- und Reparaturzonen.

AP2.5: Großtechnische Realisierung
HVOF-Beschichtung eines Großzylinders. Begleitend findet die Beprobung, Auswertung und Dokumentation statt.

AP2.6: Berichterstattung

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP2.1: Literaturstudie zur Klassifizierung bisheriger metallischer Beschichtungsverfahren in der Nukleartechnik durch die GNS weiterhin in Bearbeitung.

AP2.2: Die zylindrische Kleinkomponente wurde unter verbesserten Randbedingungen (Verwendung diverser Masken, Optimierung des Sprühverfahrens) nochmals beschichtet. Im Radienbereich wurde teilweise eine Laserbeschichtung eingesetzt, um einen direkten Vergleich mit der Dichtigkeit einer HVOF-Schicht zu bekommen. Prozessbedingt kam es zur Wechselwirkung des Beschichtungswerkstoffes mit dem Maskenmaterial. Es wurde beschlossen, die Beschichtung zu wiederholen. Parallel dazu wurde der Testbehälter geteilt, um galvanisch beschichtete Oberflächen unter den gleichen Randbedingungen zu testen, wie die HVOF-beschichtete Oberflächen

AP2.3: Keine Aktivität.

AP2.4: Beschichtung der Reparaturzonen abgeschlossen; Materialuntersuchungen zum größten Teil abgeschlossen; Untersuchungsbericht in Vorbereitung.

AP2.5: Keine Aktivität.

AP2.6: Keine Aktivität.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP2.1: Abschluss der Literaturstudie

AP2.2: Sektorweise Wiederholung der Beschichtung der Kleinkomponente mit HVOF und Laserbeschichtung; Parallel dazu erfolgt eine galvanische Beschichtung eines Sektors; Untersuchung beim IW Hannover

AP2.3: Zunächst keine Aktivitäten geplant

AP2.4: Abschluss der Materialuntersuchung und des Berichtswesens an der IW Hannover

AP2.5: Zunächst keine Aktivitäten geplant

AP2.6: Abschlussdokumentation

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München		Förderkennzeichen: 02 S 8376
Vorhabensbezeichnung: Bestimmung von Endlager-relevanten, langlebigen Radionukliden mittels radiometrischer und spezieller massenspektrometrischer Verfahren		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2006 bis 31.01.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 973.314,00 EUR	Projektleiter: Dr. Lierse von Gostomski	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Am Forschungszentrum Karlsruhe wurde im Institut für Transurane (ITU) nach einer Methodik, die am Institut für Radiochemie erarbeitet wurde, ^{79}Se aus einer Spaltproduktlösung erfolgreich abgetrennt. Die Proben wurden ans Institut für Radiochemie verschickt und liegen dort für weitere Arbeiten, insbesondere die Halbwertszeitbestimmung, vor.

^{93}Mo wurde aus einem Reaktordruckbehälter (RDB) abgetrennt, die AMS-Messung steht noch aus. Der Tandembeschleuniger unterliegt bis Ende September routinemäßiger Wartung. Das RDB-Material wurde im Rahmen einer Diplomarbeit bereits behandelt, zu diesem Zeitpunkt konnte allerdings mittels AMS nur eine obere Grenze für die Konzentration angegeben werden. Bei der Wiederholung wurden einige Modifikationen auf Grundlage der Erkenntnisse der Diplomarbeit eingebaut.

Die Bestimmung von ^{99}Tc mittels Neutronenaktivierungsanalyse wurde weiter modifiziert und optimiert.

Ergebnisse:

Untersuchungen der aus Karlsruhe erhaltenen Proben auf den Se-Gehalt zeigten, dass die Abtrennung aus der Spaltproduktlösung mit einer Ausbeute von 90-95 % sehr erfolgreich war. Ebenso wurden gamma-spektrometrisch kontaminierende Nuklide identifiziert, die abgetrennt werden müssen, um ein radiochemisch sauberes ^{79}Se zu erhalten. Die Vorarbeiten hierzu sind abgeschlossen, die Präparation der „heißen Probe“ steht als nächstes auf dem Programm.

Das Mo aus dem RDB wurde chemisch und radiochemisch sauber abgetrennt, die Messung steht noch aus.

Es wurde im Hause weiteres Material zur Analyse für dieses Projekt identifiziert, z. B. Ionentauscherharze.

4. Geplante Weiterarbeiten

Das am ITU abgetrennte Se soll am Institut für Radiochemie bis zur radiochemischen Reinheit weiter bearbeitet werden. Danach ist mit dem Präparat die Bestimmung der Halbwertszeit dieses sehr interessanten Nuklides geplant. Dazu ist die Mitwirkung externer Kollegen erforderlich, die spezielles Know-how und spezialisierte technische Ausstattung zur Verfügung haben.

Weitere im Hause ausgewählte Materialien sollen auf erwartete langlebige Nuklide experimentell untersucht werden.

^{99}Tc soll nach dem Ausarbeiten der Abtrennung und Messmethodik ebenfalls an Realproben mittels Neutronenaktivierungsanalyse bestimmt werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Publikation in Kooperation mit der PTB: *Activity standardization of ^{41}Ca by means of liquid scintillation counting*; bei Radiochimica Acta eingereicht, Manuskript wurde akzeptiert.

Zuwendungsempfänger: Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		Förderkennzeichen: 02 S 8386
Vorhabensbezeichnung: Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzschichten auf dickwandigen End- und Zwischenlagerbauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten -SHARK-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2006 bis 30.06.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 202.982,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Bach	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Literatur-Recherche.
- AP2: Klassifizierung bisheriger Beschichtungen.
- AP3: Korrosionsuntersuchungen von Spritzschichten mit verschiedenen chemischen bzw. elektrochemischen Prüfverfahren.
- AP4: Adaption bestehender Technologie.
- AP5: Definition und Auswahl Nachbehandlung.
- AP6: Korrosionsuntersuchungen und metallografische Analyse an ausgewählten Reparaturbeschichtungen.
- AP7: Transfer der Laborergebnisse auf eine Großkomponente.
- AP8: Bewertung der Beschichtungen hinsichtlich Technologie, Wirtschaftlichkeit, Einsatzmöglichkeiten und Optimierungsmaßnahmen.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP3: Korrosionsuntersuchungen von Spritzschichten:

Auswahl des Spritzwerkstoffs Ni/Cr80/20 aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen an den Probeplatten zur erneuten (zweiten) Beschichtung der Kleinkomponente (Casoikbehälter), Untersuchung der Beschichtung durch Ferroxyll- und Wassertest und anschließender metallografischer Untersuchung eines herausgeschnittenen Probenteils an einer charakteristischen Stelle.

Durch die Porenanzeigen beim Ferroxylltest und Korrosionserscheinungen nach dem Wassertest wurden die kritischen Bereiche der Behältergeometrie, die Kanten und Radien des Behälterprofils, deutlich. Hier kommt es beim Beschichten zu erhebliche Abweichungen der Schichtdicke. In den Radien war zur Verbesserung des Korrosionsschutzes in zwei Bereichen zunächst mittels Laserauftragschweißen eine Nickelschicht aufgebracht worden, die dann bei der Beschichtung des Behälters mit dem HVOF-Verfahren mit überspritzt worden sind. Aber vereinzelte Korrosionserscheinungen auch in diesen Bereichen zeigten an, dass durch diese Vorbehandlung kein vollständiger Korrosionsschutz erreicht wurde. Die Korrosionserscheinungen in den auftraggelaserten Bereichen sind auf durchgängige Poren (metallografischen Analyse) zurückzuführen.

AP6: Korrosionsuntersuchungen und metallografische Analyse an ausgewählten Reparaturbeschichtungen:

Beschichtung von Probeplatten mit dem auch zuletzt im Casoikbehälter verwendeten Spritzwerkstoff (Ni/Cr80/20), gezielte Beschädigung der Beschichtung durch Bohrungen bzw. Fräsen, anschließend erneute Beschichtung über die beschädigten Stellen. Untersuchung dieser reparierten Beschichtungen durch Ferroxyll- und Wassertest. Ergebnis: durch den Ferroxylltest wurden vermehrt Porenanzeigen bei den reparaturbeschichteten Stellen nachgewiesen, beim Wassertest konnte bei einer reparaturbeschichteten Stelle (Bohrung) keine Korrosion festgestellt werden, bei den restlichen Reparaturbeschichtungen (Bohrungen und Spalte) zeigte das Auftreten von Korrosionsprodukten, dass die Reparatur der Schadstelle durch erneutes Überspritzen keinen ausreichenden Korrosionsschutz bewirkt hat. Die metallografische Untersuchung einer der Reparaturbeschichtungsproben bestätigt die makroskopischen Beobachtungen: vollständige Reparaturbeschichtung einer Bohrung, in den meisten Fällen konnte das allerdings nicht erreicht werden.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP7: Transfer der Laborergebnisse auf eine Großkomponente:

- Fortsetzung Machbarkeitstest an einer zylindrischen Kleinkomponente (ca. 7 t) durch Variation der Handhabung beim Beschichten

AP8: Bewertung der Beschichtungen:

- Dokumentation und Diskussion der Ergebnisse
- Berichterstellung

5. Berichte, Veröffentlichungen

„Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzschichten auf dickwandigen End- und Zwischenlagerbauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten - SHARK -“ Norbert Dyllong, Dr. Wolfgang Steinwarz, Reiner Wienert, Karl-Heinz Kramm, Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Krefeld; Prof. Dr. Friedrich-Wilhelm Bach, Thomas Hassel, Sabine Behrens, Leibniz Universität Hannover, Institut für Werkstoffkunde, Garbsen; Abstract zum Vortrag KONTEC 2007, Dresden, 21. - 23.03.07

Zuwendungsempfänger: Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena		Förderkennzeichen: 02 S 8396
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Strahlenschutz-Vorsorge für radionuklidbelastetes Substrat: Mikrobieller Beitrag zur Bioakkumulation aus Bauschutt		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2006 bis 31.12.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 437.041,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Kothe	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben dient der Strahlenschutzvorsorge durch biologische Dekontamination von radioaktiven Bauschutt unter Einsatz geeigneter Mikroben. Es untersucht mikrobiologische und biotechnische Prozesse, die insgesamt eine optimale Ausnutzung von Bepflanzungsstrategien zur sanften Remediation von radioaktiv belastetem Bauschutt in einer Biosituationsbereinigung erlauben sollen. Die Arbeiten sind durch die inhaltliche Verknüpfung mit dem Graduiertenkolleg „Alteration und Elementmobilisierung an Mikroben-Mineral-Grenzflächen“ ein Beitrag zur Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder gewesen, die die „Jena School for Microbial Communication, JSMC“ zur Förderung als Graduiertenschule im Oktober 2007 genehmigt hat.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Lysimeterversuche: Die Ernte der Lysimeter erfolgte wie geplant im Oktober 2007. Die Analysen der Proben, die den Einfluss unterschiedlicher Bepflanzung und mikrobiellen Inokulation auf Dekontamination dienen sollen, erfolgen zurzeit. Hier wurden in der letzten Pflanzperiode andere Pflanzen getestet (Agrocystis-Gras), das eine mehrjährige Bepflanzung erlaubt und für große Biomasseerträge bekannt ist. Möglicherweise – abhängig von den erzielten Ergebnissen – wäre hier eine Verbesserung im Sinne der Nachhaltigkeit mehrjähriger Bepflanzungen möglich. In 2008 sind Messungen der Einflussgröße von Mikroben durch Antibiotika/Mykostatika geplant.

Pilotanlage: Die Pilotanlage wurde aufgebaut. Sie soll in 2008 erstmalig bepflanzt werden. In ihr werden Substrate aus dem Rückbau des Forschungsreaktors Rossendorf eingesetzt, die die Anwendbarkeit der Ergebnisse sicherstellen werden.

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Bepflanzung der Lysimeter mit erneuter Inokulation sollte die Nachhaltigkeit der Verfahrensweise klären um eine noch kostengünstigere Variante zu erlauben. Die Auswertung der Arbeiten ist Teil der Promotion von Lars Zeggel, die in diesem Jahr erfolgen wird. Die Dissertation ist in Vorbereitung.

Die veränderten bakteriellen Inokula im Pflanzjahr 2007 haben eine Verbesserung der erzielten Pflanzenaufnahme erreicht. Das nunmehr bereits seit drei Jahren liegende Substrat zeigt dabei eine deutliche Verschiebung der Bioverfügbarkeiten, die für die Dekontamination wesentlich sind. Die Arbeiten zur Auswertung sind noch nicht vollständig abgeschlossen, sondern Teil der Dissertation.

Weitere Arbeiten der Arbeitsgruppe im Umfeld des Versuchs s. u.

4. Geplante Weiterarbeiten

- 2008: Letzmalige Bepflanzung der Kleinlysimeter mit Datenerhebung der geernteten Biomassen.
 2008: Erstmalige Datenerhebung in der neuen Pilotanlage
 2008/9-12: Auswertung und Erstellen eines umfassenden Arbeitsberichts mit Leitfaden zur biologischen Dekontamination von alkalischen Substraten.
 2008/12: Abschlussbericht

5. Berichte, Veröffentlichungen

- Bergmann, H., Büchel, G., Kothe, E. 2008. 7th Symposium on remediation in Jena (“Jenaer Sanierungskolloquium”): Metal stress: biotic and abiotic factors. Tagungsband, Jena, in Vorbereitung.
- Roth A, Buchholz A, Rudolph M, Schütze E, Kothe E, Plass W, 2008. Directed synthesis of a heterobimetallic complex based on a novel unsymmetric double-Schiff-base ligand: Preparation, characterization, reactivity and structures of homo- and heterobimetallic nickel(II) and zinc(II) complexes. *Chem. Eur. J.* 14, 1571-1583.
- Schmidt A, Haferburg G, Schmidt A, Merten D, Ghergel F, Büchel G, Kothe E, 2008. Heavy metal resistance *Streptomyces* strains from a former uranium mining area. *Chemie der Erde*, in press.
- Dimkpa C, Svatos A, Merten D, Büchel G, Kothe E, 2008. Hydroxamate siderophores produced by *Streptomyces acidiscabies* E13 bind nickel and promote growth in cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under nickel stress. *Can. J. Microbiol.* 54, 163-172.
- Albarracín VH, Winik B, Kothe E, Amoroso MJ, Abate CM, 2008. Evidences of copper bioaccumulation by *Amycolatopsis* sp. AB0, a copper resistant strain. Eingereicht.
- Kothe E, Dimkpa C, Gherghel F, Haferburg G, Krause K, Schmidt A, Schindler F, Zellmer A, Kießig G, Merten D, Büchel G, Zeggel L, 2008. Microbial adaptation and its use for bioremediation. Eingereicht.
- Zeggel L., Zellmer A, Schindler F, Schmidt A, Reinicke M, Kießig G, Kothe, 2008. Possibilities for the use of microorganisms in remediation strategies. Eingereicht, IASA.
- Schmidt M, Schmidt A, Schütze E, Kothe E, Weston J (2007) Modified biomimeticum for nickel superoxide dismutase. Eingereicht.
- Sineriz ML, Kothe E, Abate CM. Cadmium biosorption by *Streptomyces* sp. F4 isolated from former uranium mine. Eingereicht JBM
- Haferburg G, Klöß G, Schmitz W, Kothe E, 2008. „Ni-struvite” – a new biomineral formed by a nickel resistant *Streptomyces acidiscabies*. *Chemosphere* 72, 517-523.
- Haferburg G, Groth I, Möllmann U, Kothe E, Sattler I. 2007. Arousing sleeping genes: Shifts in secondary metabolism of metal tolerant actinobacteria under conditions of heavy metal stress. Eingereicht, J. Biotech.
- Dimkpa C, Svatos A, Dabrowska P, Schmidt A, Boland W, Kothe E, 2008. Relationship between selected heavy metals and the simultaneous production of auxins and siderophores by *Streptomyces* ssp. Eingereicht.
- Kothe E, 2008. Soils. In: *Encyclopedia of Geobiology* (Reitner J, Thiel V, eds.). Springer Verlag, Heidelberg. Submitted.
- Kothe E, 2008. Microbial degradation. In: *Encyclopedia of Geobiology* (Reitner J, Thiel V, eds.). Springer Verlag, Heidelberg. Submitted.
- Kothe, E., 2008. Sexual attraction: On the role of fungal pheromone/receptor systems (a review). *Acta Microbiol. Immunol. Hung.* 55, 125-143.

Zuwendungsempfänger: SGE Spezialgeräteentwicklung GmbH, Lohmener Str. 11, 01796 Pirna		Förderkennzeichen: 02 S 8406
Vorhabensbezeichnung: Weiterentwicklung der Technologie Plasmaschneiden für nichtmetallische Materialien für den praktischen Einsatz beim Rückbau und der Zerlegung von Kernkraftwerksanlagen und Reaktoren sowie für den Katastrophenschutz		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2006 bis 31.08.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 353.540,00 EUR	Projektleiter: Dipl.-Ing. Pfaff	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

Damit sind verschiedene Einsatzmöglichkeiten gegeben:

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP3: Versuche an realen Reaktorelementen sind nicht möglich. Daher wurden entsprechende Anordnungen nachempfunden. Es wurden Versuche an folgenden Materialien durchgeführt:

- Beton
- Schwebeton
- Beton/Edelstahl
- Stahl/Luft

Die ermittelten Schneidleistungen wurden weitestgehend bestätigt. Entsprechend der Schneidstromerhöhung erhöhen sich die Schnitttiefen. Sowohl Durchtrennungen als auch Fugen wurde erfolgreich durchgeführt.

AP4: Gemeinsam mit Experten des VKTA wurden Abtragsversuche durchgeführt. Dazu wurden ein Maschinenbrenner und der neu entwickelte Handbrenner verwendet. Beide Brenner ermöglichen einen definierten Flächenabtrag. Die Versuche wurden mit konstanten Vorschüben durchgeführt. Die Vorschubgeschwindigkeit und die Stromstärke führen zur Beeinflussung des Flächenabtrages. Dies kann zukünftig definiert eingesetzt werden, wenn die Flächenkontamination bekannt ist. Die Schlackeentwicklung kann durch Anstellwinkel und Gasdruck beeinflusst werden. Nach Abkühlung der abgeschmolzenen Oberfläche lässt sich die Verglasung bis zum Rohausgangsmaterial mit geringstem Aufwand entfernen. Ein minimales Abfallvolumen wird erreicht.

AP5: Zum Zweck der Ertüchtigung des Verfahrens zum Unterwasserschneiden wurde die Plasmaschneidanlage modifiziert, so dass zuerst der Gasdruck aufgebaut wird und anschließend die Zündung des Lichtbogens erfolgt. Prinzipiell ist das Verfahren in der Lage, auch unter Wasser zu schneiden. In den praktischen Versuchen wurde die Erkenntnis gewonnen, dass für Unterwassereinsätze eine spezielle Gasglocke ausgebildet werden muss, da die durch den Brenner erzeugte Gasglocke nicht stabil bleibt. Versuche, den Lichtbogen außerhalb zu zünden und anschließend in das Wasser einzutau-chen, waren erfolgreich. Es wurden Schnittversuche durchgeführt.

AP6: Das Auffangen der Schmelze kann durch verschiedene Anordnungen erfolgen. Die Anwendung an geraden Flächen kann sowohl durch Mitführen als auch durch Fixieren eines Auffangbehälters aus Edelstahl erfolgen. Die Ausführung der Geometrie muss der jeweiligen Anwendung angepasst werden. Die minimale Materialdicke beträgt 3 mm. Nach Eintritt der Schmelze wird die Wärme durch das Material abgeleitet, es bildet sich eine Schlackeschicht, die heiß bleibt, jedoch in sich isoliert.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Auswertung der Freimessung nach Flächenabtrag an verglaster Oberfläche.
- Auswertung der Freimessung nach Flächenabtrag an gereinigter Oberfläche.
- Vorstellung des Handbrenners beim THW.
- Versuche mit neuen Plasmaschneidanlagen mit hohen Stromstärken zur Belegung der theoretischen Abhängigkeit von Stromstärke und Schneidleistung.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Das Verfahren wurde im Rahmen der Interessengemeinschaft Fernhantiertechnik beim Kerntechnischen Hilfsdienst mbH in Eggenstein-Leopoldshafen am 17.09.2008 präsentiert.

Zuwendungsempfänger: Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Wilhelmstr. 7, 72074 Tübingen		Förderkennzeichen: 02 S 8416
Vorhabensbezeichnung: Das Phänomen der Hyperradiosensitivität und deren Modulation durch den Radioprotektor Phosphotyrosin		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2007 bis 31.12.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 220.644,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Rodemann	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Vor dem Hintergrund eigener Vorarbeiten zu potentiellen zell- und molekularbiologischen Voraussetzungen der Aspekte HRS und Radioprotektion wird untersucht werden, inwiefern das TP53-Protein in den molekularen Mechanismus der HRS eingebunden ist und ob durch selektive Radioprotektoren, die TP53-spezifisch wirken, eine Modulation des HRS-Phänomens zu erreichen ist.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Das Phänomen der Hyperradiosensitivität wurde in Zellen mit wt. TP53 im Dosisbereich unter 50 mGy beobachtet. Dazu passend wurde mit Hilfe des γ H2AX Assay aufgezeigt, dass strahleninduzierte DNA-Schäden nach Bestrahlung in diesem Dosisbereich nur sehr langsam repariert werden. Strahleninduzierte DNA-PK Aktivität findet sich in diesen Zellen erst nach Bestrahlungen mit einer Dosis über 50 mGy. In Zellen mit mt. TP53 wird das Phänomen der Hyperradiosensitivität nicht beobachtet. Die basale Menge an DNA-Schaden ist wohl erhöht - im Vergleich zu den Zellen mit wt. TP53 – aber die Entfernung von Schäden nach Bestrahlung im Dosisbereich unter 50 mGy funktioniert in gleicher Weise wie im Normaldosisbereich 1-6 Gy. Interessanterweise ist jedoch in Zellen mit mt. TP53 die basale Menge an phosphorylierter DNA-PK erhöht und die strahleninduzierte Erhöhung funktioniert schon im Bereich unter 50 mGy.

Untersuchungen zum Mechanismus der DNA-PK Aktivierung im Normaldosisbereich, zeigten, dass ionisierende Bestrahlung den zytoplasmatischen Aryl-Hydrocarbon-Rezeptor (AHR) aktiviert und über die Aktivierung der src-Kinase der membranständige EGFR Caveolin-abhängig internalisiert wird (Klaus Dittmann, Claus Mayer, Rainer Kehlbach, H. Peter Rodemann (2008) Radiation-induced caveolin-1 associated EGFR internalization is linked with nuclear EGFR transport and activation of DNA-PK. *Molecular Cancer*, 7:69). Aus seiner

perinukleären Lokalisation transloziert der EGFR in den Zellkern und ist essentiell für die Aktivierung/Phosphorylierung der DNA-PK und nachfolgend für die Reparatur von DNA-Doppelstrangbrüchen. So stellt sich die Frage nach der Aktivierung des beschriebenen Signaling im Dosisbereich unter 50 mGy. In der Tat konnten wir zeigen, dass in A549 Zellen die Aktivierung des AHR erst nach Applikation von Dosen zwischen 30-50 mGy erfolgt. Erste Versuche zum molekularen Mechanismus der AHR-Aktivierung sprechen dafür, dass die Aktivierung durch Oxidationsprodukte der Arachidonsäure induziert werden kann.

Gesamtbewertung der im Berichtszeitraum erzielten Ergebnisse

In der Gesamtschau der bisherigen Experimente ist zu erkennen, dass differenzielle Unterschiede bzgl. des Hyperradiosensitivitätsphänomens in Abhängigkeit vom TP53-Status bestehen. Dabei spielt offensichtlich die unterschiedliche Induzierbarkeit der DNA-PK eine Rolle und damit assoziiert die Effizienz des Non-Homologous-End-Joining-Reparaturprozesses (NHEJ). Dabei findet sich in Zellen mit mt. TP53 eine bereits deutlich erhöhte Basalaktivität der DNA-PK. Inwiefern die strahleninduzierte Aktivierung der DNA-PK und die damit assoziierte Signaltransduktion sich unterscheiden, muss in weiterführenden Experimenten untersucht werden. Klar ist aber bereits, dass der AHR bei der Transmodulation der Bestrahlung in ein molekulares intrazelluläres Signal eine wichtige Rolle spielt. Der genaue Wirkmechanismus und vor allem der Einfluss von TP53 auf diesen Prozess soll in weiterführenden Experimenten aufgeklärt werden.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die geplanten Weiterarbeiten zielen darauf ab, die molekularbiologischen Mechanismen der sehr wahrscheinlich TP53-gekoppelten Hyperradiosensitivität im Kontext der EGFR-Regulation zu erfassen und detailliert zu beschreiben.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Aufgrund der derzeit noch nicht ausreichenden, abgeschlossenen Datenlage kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine Originalpublikation vorgelegt werden. Die Vorarbeiten zur Frage der Regulation der EGFR Internalisierung nach Bestrahlung mit ionisierender Bestrahlung wurden bereits publiziert: Klaus Dittmann, Claus Mayer, Rainer Kehlbach, H. Peter Rodemann (2008), Radiation-induced caveolin-1 associated EGFR internalization is linked with nuclear EGFR transport and activation of DNA-PK *Molecular Cancer*, 7:69

Zuwendungsempfänger: Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Martinistr. 52, 20251 Hamburg		Förderkennzeichen: 02 S 8427
Vorhabensbezeichnung: Genomische Instabilität durch Doppelstrangbrüche: Bedeutung des Single-strand annealing		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2007 bis 28.02.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 242.558,00 EUR	Projektleiter: Dr. Dahm-Daphi	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit diesem Projekt soll untersucht werden, ob für die Reparatur von DNA Doppelstrangbrüche der Weg des „Single-strand annealings“ (SSA) eine besondere Bedeutung hat. Im Gegensatz zu den beiden Hauptwegen, dem „nicht-homologen endjoining“ und der „homologen Rekombination“ ist über diesen Reparaturweg in Säugerzellen wenig bekannt, so dass er hier erstmalig umfassend charakterisiert werden soll. Insbesondere soll die Rolle des SSA für die genomische Instabilität erforscht werden. Daraus ergibt sich zusätzlich die Frage, ob dieser Weg in Tumorzellen und für die Tumorenstehung eine besondere Rolle spielt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Häufigkeit des SSA

AP2: Zellzyklusabhängigkeit des SSA

AP3: Regulation des SSA

AP4: Entstehung von Translokationen durch SSA

AP5: SSA in Tumorzellen vs. SSA in Normalzellen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Es wurde vor allem an den Arbeitspaketen 1, 2, 3 und 5 gearbeitet. Es wurden spezifische Reparaturkonstrukte zur Messung von SSA und auch für dessen Ersatzwege homologer Rekombination und nicht-homologem endjoining (zu AP1). Die Funktionalität der Konstrukte wird derzeit erprobt vor allem in Hinsicht auf das AP1 und 3, nämlich ob der SSA-Reparaturweg mit den anderen Wegen in nennenswertem Ausmaß konkurriert. Diese Konstrukte wurden in Hamsterzellen mit unterschiedlichen Reparaturdefekten (AP1 und 3), in Nierene epithelzellen und in verschiedene humane Tumorzellen (AP5) integriert. Die Synchronisation von Zellen im Zellzyklus wurde optimiert (AP2). Parallel wurde über den vorgesehenen Plan hinaus Methoden entwickelt um das Verhältnis und die Regulation der Reparaturwege an Tumorzellextrakten messen zu können ohne die transgenen Konstrukte jeweils ins Genom integrieren zu müssen, was sich als aufwendiger dargestellt hat als zuvor angenom-

men. Damit sind raschere Fortschritte in der Frage des Gebrauchs von SSA in Tumorzellen zu erwarten (zu AP1, 2, 3, 5).

Als Ergebnis der bisherigen Arbeitsphase lässt sich Folgendes zusammenfassen. SSA hat neben den beiden Hauptreparaturwegen mit etwa 2 - 4 % einen nennenswerten Anteil an der Doppelstrangbruchreparatur. SSA kann darüber hinaus als Ersatzweg dienen, wenn andere Wege nicht zur Verfügung stehen. Als neuartiges Resultat konnten wir erstmalig beschreiben, dass Rad51, ein Protein, das normalerweise weder im nichthomologen Endjoining, noch im SSA beteiligt ist, dennoch in die Regulation und Abstimmung dieser beiden Wege involviert ist. Diese Ergebnisse sind inzwischen für Hamsterzellen publiziert. (Mansour et al. 2008). Derzeit akkumulieren wir Daten, um zu zeigen, dass SSA auch in humanen Zellen ein relevanter Ersatzweg für die DSB Reparatur darstellen kann. Bisher lässt sich SSA in einigen Tumorzellen in ähnlicher Häufigkeit wie beim Hamster zeigen, andere Zellen zeigen überhaupt keine andere Reparatur als über den NHEJ-Weg. Diese Zelllinien scheinen die genetisch stabileren zu sein. Eine abschließende Beurteilung ist noch nicht möglich. Wir konnten bereits zeigen, dass der Weg von SSA auch in Proteinextrakten biochemisch nachweisbar und quantifizierbar ist und damit auch diese Methodik Fortschritte für das Projekt bringen wird.

4. Geplante Weiterarbeiten

- SSA-Reparaturkonstrukte werden in Hamsterzellen mit weiteren genetischen Defekten (irs1-SF und XR1 Zellen) integriert und Reparatur analysiert (zu AP1 und AP3).
- Für die Zellzyklusphasen-spezifische Reparatur wird ein Endonuklease-Expressionsplasmid erprobt (aus der Arbeitsgruppe T. Mistelli), mit dem zeitlich sehr präzise DSB erzeugt werden können und das dann optimal die Analyse in einzelnen Zellzyklusphasen erlaubt (zu AP2).
- Integration von pEJCG und pEJSSA zur Messung von endjoining, homologer Rekombination und SSA in humane Tumor (zunächst HeLa und A549 Cervix und Lungenkarzinom) und Normalzellen (Nierenepithelzellen, Immortale Fibroblasten) (zu AP1 und 5).
- Inaktivierung von Rad52 über siRNA und Bestimmung der Rolle dieses zentralen SSA-Proteins für die Regulation aller drei Reparaturwege (AP1-3).
- Etablierung von FISH-Technik kombiniert mit der Integration von multiplen Kopien von SSA-Substraten. Daran soll die Rolle von SSA und NHEJ für Austauschaberrationen untersucht werden (zu AP4)
- Etablierung von zellfreien Extrakten verbunden mit biochemischen Reparaturassays zur Analyse größerer Anzahl von Tumorzellen (zu AP1, 2, 3, 5).

5. Berichte, Veröffentlichungen

Vortrag OC3-5: Mansour et al. „Cross-talk between non-homologous endjoining, single-strand annealing and gene conversion for repairing chromosomal DSB in mammalian cells“, „Meeting on DNA Repair Damage Signalling and Carcinogenesis“ der Deutschen und Französischen Gesellschaften für DNA Reparaturforschung in Toulouse 15. - 19. September 2007. Mansour, W. Y.; Schumacher, S.; Roskopf, R.; Rhein, T.; Schmidt-Petersen, F.; Gatzemeier, F.; Haag, F.; Borgmann, K.; Willers, H.; Dahm-Daphi, J.: Hierarchy of non-homologous endjoining, single-strand annealing and gene conversion at site-directed DNA double-strand breaks, Nuclear Acids Research, 36, 4088-4098, (2008).

Zuwendungsempfänger: Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		Förderkennzeichen: 02 S 8437
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Metal Matrix Composites als Schneidwerkstoff für Metallverbundstrukturen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2007 bis 30.04.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 482.046,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Bach	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

AP2: Untersuchungen zum Schneidverhalten von unterschiedlichen Schneidstofflegierungen

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

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

AP4: Abschlusspräsentation und Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1:

- a.) Fertigung und Qualifizierung (Geometrie, Oberflächeneigenschaften) von Reibpartner-Discs (NiRo-Stahl, Trägerplatten f. Beton).
- b.) Durchführung von Reibversuchen mit den von der Fa. Büdiam gelieferten Reibstiften.
- c.) Iterative Anpassung der Reibstiftgeometrien und Beschichtungsstruktur gemäß den ersten ermittelten Ergebnissen.
- d.) Qualifikation verschiedener Messapparaturen am IW zur Quantifizierung und strukturellen Analyse der Verschleißerscheinungen an Reibdisc und Reibstift (REM, opt. Digitalmikroskopie, Streifenprojektionsinterferometrie, Laser-Autofokus-Verfahren).

Wie bereits im letzten Halbjahresbericht ausgeführt ist die Geometriebestimmung der Reibstift-Oberfläche nicht trivial. Bis zur geplanten Anschaffung des hierfür gut geeigneten Messmikroskops mit Laserunterstützung wurden hierfür weiterhin die vorhandenen Laser-Autofokus-Geräte sowie das Streifenprojektions-Interferometer genutzt und aus den gesammelten Daten hieraus Kennwerte für die Abnutzung bzw. generell der geometrischen Formänderung der Reibstift-Spitze abgeleitet.

Im Rahmen einer Produktdemonstration des o. g. Messmikroskops konnte die Eignung für den geplanten Anwendungsfall innerhalb des Projekts gut nachgewiesen werden; auch die Untersuchung der fertigen Schneidsegmente wird hierdurch vereinfacht werden und die entsprechenden Ergebnisse anschaulicher präsentiert werden können.

Bei der Erfassung der Oberflächengeometrien mittels der derzeit verfügbaren Verfahren wurde auf eine Kompatibilität bzw. Übertragbarkeit auf die zukünftigen Messergebnisse geachtet.

Die Weißlichtinterferometrie, die im letzten Bericht angesprochen wurde, hat sich aufgrund verschiedener technischer Rahmenbedingungen leider als nicht geeignet herausgestellt.

AP2:

Entwurf und Konstruktion des Prüfstandes für Schneidsegmente:

Nach den bereits erfolgten umfangreichen Planungs- und Entwicklungsvorarbeiten wurde auf eine vollständige Neukonstruktion des Prüfstandes zu Gunsten eines Alternativkonzepts verzichtet. Das Alternativkonzept sieht vor, als Basis der Vorrichtung eine kommerziell erhältliche Drehbank zu nutzen. Als Instrumententräger ist eine Drehbank sehr gut geeignet, da sie bereits konstruktiv eine sehr hohe Steifigkeit mitbringt. Diese ist nötig, da anwendungsnahe Parameter bzgl. der Eingriffkräfte und relativen Geschwindigkeiten zwischen Schneidsegment und Substrat hohe Maschinenleistungen und Drehzahlen und besonders bei der Achslagerung sehr hohe Stabilitäten erfordern.

Die Projektierung der nötigen Instrumentierung (Kraftmessplattform) ist bereits abgeschlossen. Die Anschaffung der Drehbank und der Aufbau des Prüfstandes stehen unmittelbar bevor.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1:

- a.) Fortsetzung der Reibversuche und weitere iterative Adaptierung der Reibstiftgeometrien bis zur optimalen Formgebung und Herstellungsmethode.
- b.) Weitere eingehende Untersuchungen zur bestmöglichen Abbildung der Reibstift-Oberflächengeometrie durch entsprechende bildgebende Verfahren.
- c.) Anhand der ermittelten vorläufigen Ergebnisse der Reibversuche sowie der Möglichkeiten der Visualisierung der erodierten Oberflächen Erstellung einer fundierten wissenschaftlichen Versuchsplanung.

AP2:

- a.) Fertigstellung der Bewertung der Anlagenkonzepte.
- b.) Konstruktion und Umsetzung des Schneidsegmente-Prüfstandes auf Basis einer Drehmaschine.
- c.) Adaption der Kistler-Kraftmessplattform und Aufbau des Mess-Stands.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: BÜDIAM Diamantwerkzeuge R. und N. Büttner GmbH, Industriestr. 5a, 35713 Eschenburg		Förderkennzeichen: 02 S 8447
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Metal Matrix Composites als Schneidwerkstoff für Metallverbundstrukturen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2007 bis 30.04.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 300.480,00 EUR	Projektleiter: Dr. Weber	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

AP2: Untersuchungen zum Schneidverhalten von unterschiedlichen Schneidstofflegierungen

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

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

AP4: Abschlusspräsentation und Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1a:

Im ersten Halbjahr 2008 wurde eine Vielzahl von Probekörpern hergestellt. Die Herstellung erfolgte unter den bereits beschriebenen Herstellbedingungen. In Rahmen einer gemeinsamen Sitzung wurde festgestellt, dass ein einzelner Reibstift kein signifikantes Ergebnis widerspiegeln wird. Aus diesem Grund wurde vereinbart, von jedem Versuchszustand 9 Proben herzustellen, um die Bandbreite der Ergebnisse bewerten zu können. Die Her-

stellung war, wie bereits berichtet, nur mit erheblichem Ausschuss möglich. Ausschließlich einwandfreie Exemplare wurden an das IW weitergeleitet.

Die Variationen der bisher hergestellten Reibstifte wurden gemäß nachfolgender Übersicht hergestellt und an IW geschickt:

- Diamant – hochfest – Einzelkorn – Korngröße 40/50 mesh = 427 μ m – Hersteller E6
- Diamant – niederfest – Einzelkorn – Korngröße 40/50 mesh = 427 μ m – Hersteller E6
- Wolframkarbid – 3 μ m – Multikorn – Hersteller Eurotungstene
- Wolfram – 2,1-2,9 μ m – Multikorn – Hersteller Eurotungstene
- Wolfram – 30 μ m – Multikorn – Hersteller Kenna
- Wolframkarbid – 3 μ m – Multikorn – Hersteller GFE
- Wolframkarbid – 3 μ m – Multikorn Hersteller HCST
- Wolframschmelzkarbid – 106-160 μ m – Multikorn
- Wolframschmelzkarbid – 35 μ m – Multikorn – Hersteller Eurotungstene

AP2a:

Bereits zu Beginn der ersten Versuche hat sich die Problematik herauskristallisiert, neue Werkzeuge mit hohen Hartstoffgehalten in Kombination mit Diamantkörnungen herzustellen. Aus diesem Grund hat Büdiam bereits im letzten Jahr damit begonnen, Schneidsegmente mit entsprechenden Auslegungen versuchsweise herzustellen. Die Problematik eines solchen Ansatzes liegt darin begründet, dass mehr oder weniger ein Zwischensystem zwischen dem bekannten Hartmetall und dem üblichen Diamantwerkzeug entwickelt werden muss. Die traditionelle Hartmetall – Fertigungsrouten kann nicht beschränkt werden, da die Fertigungstemperaturen von 1325 bis 1450 °C eine Umwandlung der Diamantstruktur bewirkt und damit dieser seine Festigkeitseigenschaften und mit einhergehend seine Schneideigenschaften verliert. Die konventionelle Fertigungsrouten für metallimprägnierte Diamantwerkzeuge erweist sich ebenfalls als untauglich, da hohe Hartstoffgehalte das Schrumpfungsverhalten vermindern und damit eine Dichtsinterung nicht zulassen. Versuche hierzu zeigten relative Enddichten von 70-80 %, die eine fehlende Ein- bzw. Anbindung des Diamanten an die umgebende metallische Bindungsmatrix bedeuten. Um die möglichen Sintergrenzen von Diamantkörnungen zu bestimmen wurden diese bis zu 1300 °C im Vakuum beansprucht und ihr anschließendes Festigkeitsverhalten bestimmt. Das Ergebnis war, dass nur extrem hochfeste Diamanten mit äußerst geringer Fehlstellenkonzentration dieser Beanspruchung Stand hielten. Während selbst diese einen Festigkeitsverlust von ungefähr 50 % bei 1300 °C aufwiesen, wandelten niederfeste Typen bereits bei deutlich niedrigeren Temperaturen komplett um. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden Sinter-tests unter Vakuum bis zu 1225 °C durchgeführt. Diese Versuche bewirkten eine Dichtsinterung und eine allseitige Benetzung von Diamant und Hartstoffen. Diese war allerdings mit dem Nebeneffekt verbunden, dass die Formhaltigkeit, bedingt durch ein eminentes Aufschmelzen des metallischen Binders, nicht eingehalten werden konnte und zylindrische Körper in Kugelform umgestaltet wurden.

Aus diesen Erkenntnissen heraus wurde ein neuer Ansatz entwickelt, der sich im Versuchsstadium als erfolgreich herausstellt. Aus dem Wissen heraus, dass zu geringe bzw. zu hohe Sintertemperaturen zu einem nicht verwertbaren Produkt führen, wurde ein neues Sinterregime mit dem Arbeitstitel „Peak-Sintern“ entwickelt. Basis dieser Überlegungen ist zunächst standardmäßig in einem Temperaturbereich zu sintern in dem nahezu ausschließlich Feststoffsintervorgänge vorherrschen. Danach schließt sich das Anfahren einer Sintertemperatur im schmelzflüssigen Bereich an, die aber so gesteuert wird, dass sich nur ein kurzweiliges Verbleiben in diesem Gebiet einstellt. Die Folge ist ein partielles Aufschmelzen von Legierungsbestandteilen mit der Wirkung einer annähernden Dichtsinterung unter Beibehaltung der Formstabilität. Sinnbildlich ausgedrückt sticht man den Liquidusbereich einer Teilphase kurzfristig an, um die Flüssigphasenbildung anzuregen. Das Verfahren arbeitet bisher nur für äußerst kleine Versuchschargen. Die Umsetzung in einen technischen Arbeitsprozess erscheint notwendig, da hierdurch völlig neuartige Schneidwerkzeuge auf Basis von Diamant und Hartstoffen, eingebunden in eine metallische Bindungsmatrix, hergestellt werden können.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1: Es werden weitere Hartstoffe für die Reibstiftuntersuchungen ausgewählt und hergestellt, um in Ergänzung zu den bisher untersuchten eine größere Bandbreite abzudecken.

AP2: Aufgrund der Vorarbeiten zu AP2a werden im nächsten Halbjahr Versuchsschneidwerkzeuge für die Untersuchung als Einzelschneidsegment hergestellt. Diese Weiterarbeiten bedingen die Optimierung des Sinterregimes unter Berücksichtigung der entsprechenden Hartstoff – Matrix Auslegungen. Grundlage der Werkstoffauslegung werden die korrespondierenden Versuchsergebnisse des IW sein.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Vortragsanmeldung für KONTEC 2009 in Dresden: „Innovatives Sinterkonzept zur Herstellung von neuartigen Schneidwerkzeugen für den Rückbau kerntechnischer Anlagen“

Zuwendungsempfänger: Ludwig-Maximilians-Universität München, Geschwister-Scholl-Platz 1, 80539 München		Förderkennzeichen: 02 S 8457
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung von epigenetischen Effekten nach Bestrahlung menschlicher Zellen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2007 bis 30.09.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 325.105,00 EUR	Projektleiter: Dr. Friedl	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Für die Entwicklung von Methoden zur Bestimmung lokaler Veränderungen im Histonmodifikationsmuster wurden Immunfluoreszenzdaten nach Ionenbestrahlung von HeLa-Zellen im Linienmuster und Inkubation für 5 min, 15 min, 2 h und 5 h generiert. Getestet wurde die Kollokalisation von γ -H2AX und H3K4me3, sowie von γ -H2AX und H3K4me2. In einer Etablierungsstudie wurden die ROI (regions of interest) relativ nah um die einzelnen γ -H2AX-Foci gelegt, die dreidimensionalen Aufnahmen auf eine z-Ebene projiziert und dann die Intensitätsprofile verglichen. Die ermittelten Korrelationskoeffizienten variierten sehr stark, mit Mittelwerten na-

he 0, waren aber nicht normal verteilt. Gegenwärtig wird untersucht, ob dieses scheinbare Auftreten von distinkten Subpopulationen an der Auswertemethodik liegt oder in den zugrunde liegenden Mikroskopieaufnahmen schon deutlich wird. Als mögliche Fehlerquelle wurde die z-Projektion ausgemacht, so dass im nächsten Schritt versucht werden soll, die Korrelation in 3 Dimensionen zu bestimmen.

Während sich die Etablierung der Auswertemethodik auf einen beschränkten Datensatz konzentriert, wurden in weiteren Experimenten während 2 Strahlzeiten zusätzliche Immunfluoreszenzexperimente durchgeführt, deren Auswertung erst nach der Methodenetablierung erfolgen soll.

AP2: Für die quantitative Analyse von globalen Änderungen der Histonmodifikationsmuster wurden Proteinextrakte nach γ - bzw. Röntgenbestrahlung hergestellt. Dabei zeigte sich, dass die Isolation von Kernproteinen mit einem kommerziell erhältlichen Kit hinsichtlich Reproduzierbarkeit bessere Ergebnisse liefert als eine Säureextraktion von Histonen bzw. eine Gesamteinproteinextraktion. Gegenüber der Säureextraktion bietet die Extraktion von Kernproteinen zusätzlich den Vorteil, dass mehr Möglichkeiten zur Wahl eines Standards zur Kontrolle der Gelbeladungsmenge bestehen. In ersten Experimenten zeigte sich eine deutliche Zunahme des γ -H2AX-Signals mit der Strahlendosis, allerdings ist die interexperimentelle Reproduzierbarkeit noch suboptimal.

AP4: Mit der Charakterisierung von Focibildung nach artifizierter Chromatinkondensation und -dekondensation wurde begonnen. Zusätzlich wurde begonnen, den Einfluss von Behandlung mit hypertonem Medium, hypotonem Medium oder TrichostatinA-Behandlung (zur Hemmung von Histondeacetylasen) auch auf Ebene der Westernanalyse zu untersuchen. Bisher wurden Extrakte hergestellt von unbestrahlten Zellen der Linien HeLa, U2OS und BJ1-hTert und bestrahlten HeLa-Zellen, jeweils nach den verschiedenen Chromatinmodifizierenden Behandlungen. Erste Ergebnisse deuten auf eine Zunahme der Phosphorylierung von H2AX nach Chromatinkondensation hin, während Dekondensation keinen Einfluss zeigt. Im Gegensatz dazu scheint die Menge an 53BP1 nach TSA-Behandlung anzusteigen.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Anhand bereits vorhandener Mikroskopiedaten sollen im nächsten Berichtszeitraum noch weitere Ansätze getestet werden, dass robuste Methoden für die Auswertung der eigentlichen Messdaten zur Verfügung stehen. Parallel werden in weiteren Strahlzeiten Experimente zur Bestimmung lokaler Veränderungen durchgeführt.
- AP2: Die Methode zur quantitativen Analyse mittels Western Blots ist relativ weit fortgeschritten; allerdings sollen noch weitere Proteine auf ihr Potential getestet werden, als Ladekontrolle zu dienen, da die gegenwärtig verwendeten Ladekontrollen (H2A oder H4) nicht gleichzeitig mit den zu untersuchenden Histonmodifikationen nachgewiesen werden können, sondern nacheinander, mit einem so genannten Stripping, d. h. Abwaschen der Nachweisreagenzien, dazwischen. Dadurch wird die Methode anfälliger für Fehler, und der Zeitaufwand ist sehr groß.
- AP3: Es sollen erste Experimente zur Lokalisierung von HP1 und CAF durchgeführt werden.
- AP4: Die Charakterisierung der Focibildung und der Proteinexpression nach artifizierter Kondensation und Dekondensation wird weitergeführt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Universität Duisburg-Essen, Universitätsklinikum Essen, Hufelandstraße 55, 45147 Essen		Förderkennzeichen: 02 S 8467
Vorhabensbezeichnung: Regulationsmechanismen eukaryotischer DNA Replikation nach Bestrahlung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2007 bis 30.09.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 445.852,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Iliakis	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In Zellen von höheren Eukaryoten wird die DNA-Replikation genomweit 1-2 Stunden nach Bestrahlung herunterreguliert durch die Aktivierung eines ATM-abhängigen Checkpoints, wodurch die Replikationinitiation gehemmt wird, um Reparatur zu erleichtern. Unsere Arbeiten liefern Hinweise für eine zusätzliche Regulation über einen Reaktionsweg, der lokal, aber möglicherweise unmittelbar, die Replikationinitiation durch die Aktivierung einer DNA-abhängigen Proteinkinase (DNA-PKcs) hemmt. Weitere Experimente deuten darauf hin, dass diese Kinase an der Erholung von der ATM-vermittelten Hemmung der DNA-Replikation beteiligt ist. Ziel dieses Vorhabens ist zu untersuchen, ob die DNA-PKcs:

1. einen unmittelbaren und direkten Mechanismus für die Hemmung der Replikationinitiation darstellt;
2. ein Schlüsselfaktor in dem Anpassungsprozeß ist, der für die Erholung von der ATM-induzierten Hemmung der DNA-Replikation notwendig ist;
3. seine Funktion durch spezifische Phosphorylierung umschaltet, wenn DSBs registriert werden und von einem Aktivator der DNA-Replikation zu einem wirkungsvollen Inhibitor wird.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP3.1 Aufreinigung von TAg, DNA-PK, DNA-PKcs, RPA und Topo I
- AP3.2 Etablierung eines in vivo und in vitro DNA-Replikations-Initiationstests und Anwendung in verschiedenen Zelllinien
- AP3.3 Überprüfung funktionaler Veränderungen im TAg durch DNA-PK
- AP3.4 ATM-Aktivitätsmessungen nach Bestrahlung in verschiedenen Zelllinien
- AP3.5 Alkalische Saccharose Gradientenzentrifugation für Messungen von Replikationsinitiation
- AP3.6 Effekte von Koffein, Wortmannin und KU55933 auf strahleninduzierte Replikationsinhibition
- AP3.7 Präinitiationstestverfahren und die Rolle von DNA-PK an der Replikationsgabel zu testen
- AP3.8 Modulation der DNA-PK-Aktivität durch Phosphorylierung und Charakterisierung der DNA-PK Autophosphorylierung AP3.9.
- AP3.10 Kooperation von Ku und DNA-PKcs in DNA-PKcs Autophosphorylierung

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

In den ersten neun Monaten des Projektes wurden folgende Aspekte des Projektes in Gang gesetzt:

1. Anzucht und Kultivierung von PAb-419 Hybridomazellen zur Produktion von PAb-419 Antikörpern. Isolierung und Aufreinigung von PAb-419 Antikörpern aus dem Medium dieser Zellen. Diese Antikörper finden weitere Verwendung bei der Isolation von T-Antigen aus Insekt-Zellextrakten, um damit in vitro Replikationsstudien durchzuführen (AP3.1).

2. In vivo-Replikationsstudien mit DNA-PKcs profizienten sowie DNA-PKcs defizienten Zellen. Die Messungen wurden über einen Zeitraum von bis zu 12 Stunden durchgeführt und dienten zur Untersuchung der Inhibition sowie der Erholung der Inhibition der DNA-Replikon-Initiation nach Bestrahlung mit einer Dosis von 10 Gy. Die Versuche wurden sowohl mit den humanen Zelllinien

- S-HeLa (DNA-PKcs profizient)
- M059K (DNA-PKcs profizient)
- M059J (DNA-PKcs defizient)

als auch mit Hamsterzelllinien

- K147 (DNA-PKcs profizient)
- XRS6 (DNA-PKcs profizient)
- IRS20 (DNA-PKcs defizient)
- XRC1-3 (DNA-PKcs defizient)

durchgeführt.

DNA-PKcs defiziente Zellen (M059J, IRS20, XRC1-3) zeigten eine ausgeprägte Inhibition der DNA-Synthese 1,5 Stunden nach Bestrahlung mit 10 Gy, die von den Zellen auch nach späteren Zeitpunkten nicht aufgehoben werden konnte.

Bei DNA-PKcs profizienten Zellen (S-HeLa, M059K, K147, XRS6) konnte 1,5 Stunden nach Bestrahlung eine Replikationsinhibition auf etwa 60 % beobachtet werden, die nach 6 Stunden eine Erholung auf 85 % zeigte (AP3.2 und AP3.4).

3. In vivo-Replikationsstudien mit DNA-PKcs profizienten sowie defizienten Zellen, kombiniert mit der Inhibierung der Checkpointkinase ATM durch Zugabe des Inhibitors KU55933 jeweils vor Bestrahlung mit 10 Gy und 1,5 Stunden nach Bestrahlung. Die verwendeten Zelllinien waren K147 und IRS20.

Zugabe von KU55933 zu IRS20 Zellen 1,5 Stunden nach Bestrahlung führte zu einer Inhibition auf ca. 50 % und anschließend zu einer Erholung der Replikationsinhibition 6 Stunden nach Bestrahlung auf etwa 70 %.

Bei den K147 Zellen konnte eine maximale Inhibition auf ca. 80 % 0,5 Stunden nach Bestrahlung beobachtet werden; die Erholung der Inhibition war bereits zwei Stunden nach Bestrahlung wieder komplett hergestellt.

Zugabe von Ku55933 zu IRS20 Zellen vor Bestrahlung (d. h. Inhibition von ATM vor Bestrahlung) führte zu einer Inhibition der DNA-Synthese sowie zu einer Erholung der Replikationsinhibition über einen Zeitraum von 6 Stunden. Bei den K147 Zellen konnte eine schwache Inhibition der DNA-Synthese 0,5 Stunden beobachtet werden; die Erholung der Inhibition war bereits 2 Stunden nach Bestrahlung komplett wieder zu beobachten (AP3.4 und AP3.6).

4. In vivo-Replikationsstudien mit DNA-PKcs profizienten sowie defizienten Zellen kombiniert mit der Inhibierung der Checkpointkinasen ATM und ATR mit Koffein (Endkonzentration 2 mM) jeweils vor Bestrahlung mit 10 Gy und 1,5 Stunden nach Bestrahlung. Die verwendeten Zelllinien waren K147 und IRS20.

5. Alkalische Saccharose Gradientenzentrifugation, die für die Messungen der Replikationsinitiation eingesetzt werden soll, wurde etabliert und standardisiert, und ein Manuskript, das diese Methode beschreibt, für ein Buch zusammengefasst (AP3.5 und AP3.2).

4. Geplante Weiterarbeiten

Für das nächste Jahr ist geplant, sich auf die Experimente des zweiten Zieles zu konzentrieren und die Voraussetzungen für das optimale Durchführen der Experimente des ersten Zieles zu schaffen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

S. Raschke, J. Guan und G. Iliakis: Application of Alkaline Sucrose Gradient Centrifugation in the Analysis of DNA Replication after DNA Damage. In: Methods in Molecular Biology – DNA Replication. Humana Press, USA, im Druck.

Zuwendungsempfänger: Universität Karlsruhe (TH), Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe		Förderkennzeichen: 02 S 8477
Vorhabensbezeichnung: Regulation der Nicht-homologen Endverknüpfung durch post-translationelle Modifikationen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2007 bis 30.09.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 799.901,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Puchta	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Gesamtziel:

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

Bezug zu förderpolitischen Zielen:

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

Wissenschaftliche und/oder technische Ziele:

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

Bezug zu anderen Arbeiten:

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Analyse von NHEJ Proteinen auf strahlenbedingte Veränderungen der Phosphorylierung

AP2: Kartierung der Phosphorylierungsstellen

AP3: Bestimmung der phosphorylierenden Kinasen

AP4: Auswirkungen der Phosphorylierung auf Protein-Protein Wechselwirkungen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Entsprechend unserer Vermutung aus dem vorherigen Berichtszeitraum, untersuchten wir die Phosphorylierung des ATM Proteins nach Bestrahlung in Gegenwart und Abwesenheit des Pin1 Proteins. Vorläufige Ergebnisse weisen darauf hin, dass Pin1 für die Phosphorylierung von ATM nach Bestrahlung notwendig ist. Darüber hinaus begannen wir mit der Untersuchung der Notwendigkeit von Pin1 für die Doppelstrangbruchreparatur. Zwar beobachteten wir hier, dass die Reparatur in Abwesenheit von Pin1 wesentlich beeinträchtigt ist, allerdings war die Reparatur auch in Mock-behandelten Zellen reduziert.

Zusätzlich begannen wir die Assoziation von Pin1 mit Faktoren der Nicht-homologen Endverknüpfung zu untersuchen. Da Pin1 nur an phosphorylierte Bereiche bindet ist das ein, wenn auch indirekter, Nachweis auf eine Phosphorylierung. Erste Studien führten wir mit Ku70, Ku80, Ligase IV und XRCC4 durch. Bisher konnten wir aber noch keine Assoziation nachweisen.

Daneben untersuchten wir den NHEJ-Faktor XLF auf strahleninduzierte post-translationelle Modifikationen. Während wir keine Veränderung der Ubiquitylierung fanden, sahen wir in mehreren Experimenten eine strahleninduzierte Zunahme der Sumoylierung von XLF.

Außerdem reichten wir die Daten über die Notwendigkeit von Pin1 für die Bildung von Fozis an Doppelstrangbrüchen zur Veröffentlichung ein.

4. Geplante Weiterarbeiten

Nachdem unsere Arbeiten zur Notwendigkeit von Pin1 für die Bildung von strahleninduzierten Fozi von den Gutachtern als sehr interessant eingestuft wurden, für eine Veröffentlichung aber weitere mechanistische Untersuchungen gefordert wurden, werden wir an diesen mechanistischen Prozessen weiter arbeiten. Wir werden dazu die Arbeiten zur Notwendigkeit von Pin1 für die Phosphorylierung von ATM fortsetzen und die Beteiligung der ATM-Aktivatoren Tel2, Aven und Foxo3 analysieren. Wir werden außerdem untersuchen welches dieser Proteine mit Pin1 assoziiert und ob die Assoziation strahlenabhängig reguliert wird.

Daneben werden wir die Arbeiten zur Analyse der strahleninduzierten XLF-Modifikation fortsetzen, sie kartieren und ihre Bedeutung für die Assoziation mit weiteren Reparaturfaktoren bestimmen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		Förderkennzeichen: 02 S 8487
Vorhabensbezeichnung: Konstruktion, Herstellung, Beschichtung, Prüfung und Handhabung langzeitstabiler Gebinde zur sicheren Lagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2007 bis 30.09.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 773.416,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Bach	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

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

AP2: Konstruktion eines 200-l-Abfallbehälters

AP3: Versuche zur Fügetechnik

AP4: Entwicklung und Applikation von Korrosionsschutzschichten

AP5: Korrosions- und Klimaprüfungen

AP6: Metallografische Analytik

AP7: Herstellung eines 200-l-Musterbehälters

AP8: Berichterstellung

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Recherche zu aktuell geltenden bzw. praxisrelevanten Informationen und Vorschriften wie Normen oder Technischen Anweisungen, die für eine korrosionsschutzgerechte Fertigung zu beachten sind, wurde fortgesetzt. Von grundlegender Bedeutung ist hier DIN EN

ISO 12944 „Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“. In den acht Teilen dieser Norm werden die folgenden Aspekte behandelt: Einteilung der Umgebungsbedingungen, Grundregeln zur Gestaltung, Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung, Beschichtungssysteme, Bewertung von Beschichtungssystemen, Ausführung und Überwachung von Beschichtungsarbeiten sowie Spezifikationen für Erstschutz und Instandsetzung.

Bezüglich eines korrosionsschutzgerechten Behälterdesigns wurden erste Versuche zum stoffschlüssigen Fügen mit den innovativen Plasmaschweißverfahren ColdArc® und ForceArc® an einfachen Blechproben durchgeführt. Der energiearme ColdArc®-Prozess eignet sich besonders zum Fügen dünner Bleche, d. h. bei einer Blechdicke < 1 mm. Der ForceArc®-Prozess bietet dagegen Vorteile beim Fügen von dicken Blechen (ab 3 mm). Durch den kurzen Lichtbogen ergibt sich eine bessere Richtungsstabilität und hierdurch eine bessere Kontrolle der Einbrandtiefe. Beide Verfahren ermöglichen bei hoher Schweißgeschwindigkeit das Herstellen von Schweißnähten ohne Schweißspritzer, so dass ein aufwändiges Nachbearbeiten der Nähte entfällt.

Mit dem 1-Komponentensystem REESA Silikonharz-Aluminiumfarbe der Firma Suding & Soeken GmbH & Co. KG. wurde ein alternatives Korrosionsschutzsystem zu den bisher im Behälterbau für schwach- und mittelradioaktive Abfälle verwendeten Beschichtungen auf Epoxidharz-Basis auf Stahlsubstrate appliziert. Schichtdicken zwischen 60 μm und 250 μm wurden realisiert. Die Prüfung des Widerstands dieses Korrosionsschutzsystems gegen eine Trennung vom Grundwerkstoff in Anlehnung an DIN EN ISO 2409 „Beschichtungsstoffe - Gitterschnittprüfung“ ergab Gitterschnittwerte von 2.

Die im Rahmen des Vorhabens beschaffte Klimakammer mit einem Prüfraumvolumen von 600 l wurde in Betrieb genommen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Mit den Plasmaschweißverfahren ColdArc® und ForceArc® werden weitere Versuche zur Ermittlung optimaler Schweißparameter sowie geeigneter Schweißzusatzwerkstoffe durchgeführt. Die gefügten Proben werden hinsichtlich ihrer mechanischen Eigenschaften untersucht und metallografisch analysiert.

Das 1-Komponentensystem REESA Silikonharz-Aluminiumfarbe der Firma Suding & Soeken GmbH & Co. KG. wird hinsichtlich seiner Korrosionsbeständigkeit im Salzsprühnebeltest gemäß DIN EN ISO 9227 geprüft. Hierzu werden geeignete Referenzproben mit unterschiedlichen Schichtdicken des Korrosionsschutzsystems hergestellt. Darüber hinaus soll das Verhalten der Beschichtung unter erhöhter Temperatur und bei hoher Luftfeuchtigkeit (98 % r.F.) in der Klimakammer getestet werden. Neben unversehrten Proben werden auch Prüfplatten mit definierten Beschädigungen (z. B. Kratzer oder großflächiger Abrieb) getestet um so die Auswirkungen eines fehlerhaften Korrosionsschutzsystems nachzustellen. Eine Änderung der Werkstoffkennwerte des jeweils verwendeten Substrats durch diese Auslagerungsversuche soll im Zugversuch nach DIN EN 10002 ermittelt werden. Das Verhalten der Beschichtungsfläche in den einzelnen Prüfungen wird mittels Licht- und Rasterelektronenmikroskopie verfolgt, die Detektion korrosiver Schädigungen erfolgt mittels metallografischer Analyse.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Gesellschaft für Schwerionenforschung mit beschränkter Haftung, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt		Förderkennzeichen: 02 S 8497
Vorhabensbezeichnung: Induktion und Transmission von genetischen Schäden nach Hoch-LET Bestrahlung: In vivo und in vitro Untersuchungen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2007 bis 30.09.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 972.499,00 EUR	Projektleiter: Dr. Ritter	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Forschungsvorhaben hat das Ziel, zu einer realistischen Bewertung des genetischen Risikos dicht ionisierender Strahlung beizutragen. In vorangegangenen Forschungsarbeiten haben wir an den Beschleunigeranlagen der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) umfangreiche *in vitro* Untersuchungen zur relativen biologischen Wirksamkeit (RBW) von Teilchenstrahlen für die Erzeugung von Chromosomenschäden in menschlichen Zellen durchgeführt. Im Rahmen des neuen Vorhabens sollen die Datensätze komplettiert werden und neue grundlegende Fragenstellungen zur genetischen Wirkung dicht ionisierender Strahlen bearbeitet werden. Insbesondere soll durch den Einsatz hoch auflösender Färbetechniken wie der Vielfarben Fluoreszenz-In-situ-Hybridisierung (m-FISH) die Anzahl stabiler Aberrationen bestimmt werden, die einen Hinweis auf die zu erwartenden Spätschäden gibt. Die *in vitro* erhaltenen Daten sollen dann mit Werten aus Patientenbestrahlungen (konventionelle Therapie und Kohlenstoffionentherapie) verglichen werden. Darüber hinaus soll geklärt werden, welche Bedeutung die Telomere bzw. die intrazelluläre Radikalbildung für die genetische Stabilität von Zellen haben. Das Projekt hat darüber hinaus das Ziel, wissenschaftlichen Nachwuchs in der Strahlenforschung auszubilden und somit zum Kompetenzerhalt beizutragen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: RBW von Ionenstrahlen für die Erzeugung genetischer Schäden in humanen Lymphozyten (GSI, Darmstadt).
 AP2: Analyse der genetischen Stabilität/Instabilität von normalen menschlichen Fibroblasten (GSI, Darmstadt).
 AP3: Rolle reaktiver Spezies und der endogenen antioxidativen Kapazität bei der Entstehung genetischer Instabilität in den Nachkommen von bestrahlten menschlichen Fibroblasten (Technische Universität Darmstadt; GSI, Darmstadt).
 AP4: Rolle der Telomere für die Entstehung genetischer Instabilität (DKFZ, Heidelberg; GSI, Darmstadt).
 AP5: Chromosomenschäden in Lymphozyten von Prostatakarzinompatienten sowie in Prostatakarzinomzelllinien (Uni-versitätsmedizin Göttingen (UMG); GSI, Darmstadt).

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Lymphozyten eines gesunden Spenders wurden mit Röntgenstrahlen oder 270 MeV/u Kohlenstoffionen bestrahlt und Chromosomenschäden in Metaphasezellen mit der m-FISH Technik ausgewertet. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass die RBW dieser Ionen für die Erzeugung von stabilen Aberrationen sowie von komplexen Aberrationen 1-1.5 beträgt.
 AP2: Die am Mikrostrahl verwendeten Kammern wurden mit den am Beschleuniger UNILAC eingesetzten Zellkulturgefäßen verglichen. Im Hinblick auf die Zellenaktivierung ergaben sich keine Unterschiede zwischen beiden Systemen. Weiterhin wurden in einem ersten Mikrostrahl experiment (4.8 MeV/u Nickel) das Zellüberleben sowie die Induktion von genetischen Veränderungen in AG1522 Zellen gemessen und in Vorversuchen die Akkumulation von reaktiven Sauerstoff-Spezies (ROS) in verschiedenen Fibroblastenzelllinien nach Röntgenbestrahlung quantifiziert.
 AP3: Im Berichtszeitraum wurden die Methoden zur Isolierung der Mitochondrien sowie zur Analyse des mitochondrialen Proteoms (2D BN/SDS-PAGE) aus normalen human Fibroblasten optimiert. In ersten Be-

strahlungsexperimenten wurden zwei Zelllinien (WI38 und NHDF) mit Röntgenstrahlen sowie Kohlenstoffionen (100 MeV/u bzw. 9.8 MeV/u) bestrahlt und mitochondriale Proteine isoliert.

- AP4: In der ersten Experimentserie wurde die Langzeitwirkung von Röntgenstrahlung (8 und 16 Gy) auf die Telomerlängenregulation in humanen Fibroblasten untersucht. Dreißig Tage nach der Exposition wurde in den Nachkommen der bestrahlten Zellen, verglichen zur Kontrolle, eine leichte Verkürzung (ca. 15 %) der Telomerlänge beobachtet. In den mit 16 Gy bestrahlten Zellen waren darüber hinaus Veränderungen der Kernmorphologie und Kerngröße zu erkennen. Um zu ermitteln, ob die Telomere die Targetstruktur für die Strahlenschädigung sind, wurden die Fibroblasten mit 2, 8 und 16 Gy bestrahlt und nach 24, 28 und 72 Stunden für die Telomerlängenanalyse vorbereitet.
- AP5: Die Analyse von Chromosomenschäden in Lymphozyten von Prostatakarzinompatienten wurde fortgesetzt. Der Schwerpunkt der Untersuchung lag dabei auf der Bestimmung der Anzahl komplexer Chromosomenschäden, die als Biomarker für Hoch-LET Strahlung diskutiert werden. Außerdem wurden 7 weitere Patienten in die Studie rekrutiert. Darüber hinaus wurden in ersten Versuchen Prostatakarzinomzellen (PC-3) mit Röntgenstrahlung oder 10 MeV/u Kohlenstoffionen bestrahlt. Kohlenstoffionen erwiesen sich im Vergleich mit Röntgenstrahlung in Bezug auf die Induktion der Apoptose sowie des mitotischen Todes als viel effektiver. Natriumselenit allein induziert eine hohe Apoptoserate in den PC-3 Zellen. Nach einer Vorbehandlung mit Natriumselenit und einer nachfolgenden Bestrahlung mit Röntgenstrahlung erhöhte sich diese Rate. Eine kombinierte Behandlung mit Kohlenstoffionen führte zu keinem weiteren Anstieg der Apoptoserate, jedoch zu einer veränderten Kinetik. Die maximale Apoptoserate wurde schon nach 48 statt nach 72 Stunden beobachtet.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Die Analyse von Chromosomenschäden in Lymphozyten nach Bestrahlung mit Röntgenstrahlen und 270 MeV/u Kohlenstoffionen wird beendet, ein weiteres Experiment mit Kohlenstoffionen (Energie <270 MeV/u) wird durchgeführt.
- AP2: Das vorläufige Mikrostrahl-Experiment weist darauf hin, dass die RBW von niederenergetischen Kohlenstoffionen für die Erzeugung von Spätschäden (Chromosomenaberrationen) niedriger ist als die RBW direkt nach Bestrahlung. Um dies eingehender zu prüfen, sollen weitere Chromosomenpräparate ausgewertet werden.
- AP3: Die bisher durchgeführten Experimente mit WI38 und NHDF Zellen werden ausgewertet. Des Weiteren ist geplant die Untersuchungen auf eine dritte Zelllinie (AG1522D) auszudehnen. Neben der Veränderung des mitochondrialen Proteoms sollen auch die Telomerlängen, die Apoptoserate, Chromosomenaberrationen sowie das Differenzierungsmuster nach Bestrahlung untersucht werden.
- AP4: Das Kurzzeitexperiment mit seinen zahlreichen Varianten (3 Zeitpunkte, 3 Bestrahlungsdosen) wird ausgewertet. Da es eine Rolle spielen könnte, ob die Zellen Telomerase-aktiv sind, also ihre Telomerlänge durch Telomerase stabil halten können (Tumorzellen sind Telomerase-positiv, normale Fibroblasten sind Telomerase-negativ) soll in weitergehenden Versuchen ein Zellpaar verwendet werden: Es sollen normalen Fibroblasten untersucht werden sowie eine davon etablierte Variante, die durch Einführung der Telomerase katalytischen Untereinheit hTERT Telomerase-positiv ist. Diese Zellen müssen zunächst charakterisiert sowie vermehrt werden, so dass allen Verbundpartnern genügend Zellen zur Verfügung stehen.
- AP5: Die Analyse von Chromosomenschäden in Lymphozyten von Prostatakarzinompatienten wird fortgesetzt. Weitere Patienten sollen rekrutiert werden. Die Untersuchungen der Strahlenempfindlichkeit von PC-3 Tumorzellen gegenüber Röntgenstrahlung und Kohlenstoffionen werden wiederholt, um die Reproduzierbarkeit zu überprüfen und einige ergänzende Dosispunkte auszuwerten.

5. Berichte, Veröffentlichungen

- Becker, D. et al.: Differentiation potential of hematopoietic stem cells after irradiation with X-rays and high energetic Carbon ions. GSI Scientific Report 2008-1, p. 368.
- Colindres, M. et al.: Increase of oxidative stress in fibroblasts after irradiation. GSI Scientific Report 2008-1, p. 365.
- Hartel, C. et al: Chromosome aberrations in lymphocytes of prostate cancer patients, GSI Scientific Report 2008-1, p. 361.
- Hofman-Hüther, H. et al.: Chromosome aberration rates in peripheral blood lymphocytes of prostate cancer patients and age-matched healthy donors. GSI Scientific Report 2008-1, p. 360.
- Sommer, S. et al: Spontaneous level of aneuploidy of chromosomes 7 and X in interphase lymphocytes of two healthy donors of different age. GSI Scientific Report 2008-1, p. 363.
- Zahnreich, S. et al.: Genetic instability and telomere shortening in normal human fibroblasts after irradiation with X-rays. GSI Scientific Report 2008-1, p. 364.

Zuwendungsempfänger: TU München, Arcisstraße 21, 80333 München		Förderkennzeichen: 02 S 8507
Vorhabensbezeichnung: Verfahren zur selektiven Tritium-Extraktion aus wässrigen Abfalllösungen und langzeitstabilen Bindung auf einem Träger		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2007 bis 30.09.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 583.747,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Türler	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte (AS) sind:

- AP1: Etablieren eines Referenzsystems als absoluten Bezugspunkt der Separationsfaktoren (Elektrolyse).
- AP2: Präzisierung der Separationsfaktoren unterschiedlicher Metalle in Bezug auf das Referenzsystem.
- AP3: Optimierung der Prozessbedingungen für die bestgeeigneten Elektrodenmaterialien (Elektrolyse).
- AP4+5: Bestimmung des Rückhaltevermögens und der Verteilungsfaktoren anorganischer und organischer H-Rezeptoren.
- AP6: Zusammenführung der Projektzweige zur „aktiven“ und „passiven“ Tritium-Anreicherung.
- AP7: Optimierung des Verfahrens unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten.
- AP8: Abschlussbericht und Dokumentation.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Um Ablagerungen auf den Elektrodenoberflächen zu vermeiden musste das Elektrolysesystem neu aufgebaut werden. Ein partielles Tauschen von Anlagenkomponenten der ersten Elektrolyseapparatur führte nicht zum erhofften Ergebnis. Bei der Rekonstruktion des Elektrolysesystems wurde konsequent auf metallische Bauteile verzichtet. Zudem wurde die Elektrolysezelle neu konzipiert und konstruiert. Die Kühlung der Elektrolytlösung erfolgt nun nicht mehr durch eine in einem Kreislaufsystem integrierte Kühlwendel, sondern direkt an der Elektrolysezelle. Ein Pumpen der aktiven, tritiumhaltigen Lösung ist somit nicht mehr notwendig. Bei der derzeit Verwendung findenden Zellprototypen handelt es sich um eine konventionelle und nicht um eine bipolare Elektrolysezelle. Um den Austrag an Elektrolytlösung aus dem System weitestgehend zu reduzieren und eine exaktere Bestimmung des elektrodenmaterialspezifischen Tritium-Separationsfaktors zu ermöglichen, wurde der Elektrolyseeinheit ein Intensivkühler nachgeschaltet. Dies hat zur Folge, dass die Volumenreduktion der Elektrolytlösung ausschließlich auf der Zersetzung der Wassermoleküle basieren. Somit ist eine Berechnung des Volumenreduktionsfaktors ohne anschließende Korrektur des Verdunstungsanteils und einer damit einhergehenden Anreicherung von Tritium in der flüssigen Phase auf Grund des Dampfdruckisotopieeffekts anhand der geflossenen Ladungsmenge ohne Einschränkungen möglich. Um das aufgebaute System im Hinblick auf sich bildende Ablagerungen auf der terminalen Kathode hin zu untersuchen, wurden erste Experimente unter Verwendung von Platin als Anoden- und Eisen als Kathodenmaterial durchgeführt. Dabei zeigten sich auch nach mehreren Tagen Elektrolyse keine Ablagerungen auf der Kathodenoberfläche. Eine exakte Bestimmung der so erhaltenen Tritium-Separationsfaktoren war aus messtechnischen Gründen jedoch noch nicht möglich.

4. Geplante Weiterarbeiten

Es ist geplant, das Elektrolysesystem künftig im Continuousfeed-Modus zu betreiben. Das neu aufgebaute System ist generell dafür konzipiert, allerdings gilt es noch einige Probleme in Bezug auf die Konstanzhaltung des Elektrolytvolumens in der Elektrolysezelle während des Anreicherungsprozesses zu lösen. Derzeit ist die Amplitude der Systemvolumenänderung während des Prozesses zu groß, als dass eine dem Rechenmodell entsprechende Anreicherungskurve aufgezeichnet werden könnte. Dies ist jedoch essentiell um eine Präzisierung der Tritium-Separationsfaktoren unterschiedlicher Kathodenmaterialien zu erreichen, da nur so bei Einstellen eines definierten Aktivitätskonzentrationsverhältnisses zwischen Feed- und System-Lösung sowohl die Trennleistung selbst, als auch deren Konstanz direkt überprüft und abgelesen werden kann. In einem nächsten Arbeitsschritt sollen daher unterschiedliche Möglichkeiten einer vorzugsweise passiven Volumenkontrolle untersucht werden. Nach Abschluss dieser Entwicklung soll zur exakten, messtechnischen Erfassung der Emission, als auch zur Validierung des entwickelten Rechenmodells eine Möglichkeit zur Rekombination der Elektrolysegase integriert werden. Hierzu soll ein auf 600 °C temperierter Palladiumkatalysator, der durch Zustrom von synthetischer Luft (+2 % H₂) mit definiertem Volumenstrom aktiviert wird, dienen. Der Abluftstrom soll anschließend durch eine am Rückfluss erhitzte (ca. 60 °C) ursprünglich inaktive Kontrolllösung geleitet werden, wodurch eine nahezu vollständige Abscheidung des Tritiums in dieser Lösung erreicht wird. Eine Bestimmung der Tritium-Emission kann dann denkbar einfach durch LSC-Messung erfolgen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena		Förderkennzeichen: 02 S 8517
Vorhabensbezeichnung: Uranaufnahme		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2007 bis 30.09.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 253.992,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Kothe	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Arbeiten werden in Teilzielen verfolgt:

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Aufbauend auf den ersten 3 Monaten wurden die Testorganismen *Streptomyces*, *Arthrobacter* und *Schizophyllum* zur Uranbindung eingesetzt. Dabei konnten bei *Arthrobacter* extrazelluläre und intrazelluläre Bindung, bei *Streptomyces* vorrangig extrazelluläre Bindung gezeigt werden. Gleichzeitig wurde für *Schizophyllum* die Resistenz gegenüber verschiedenen Schwermetallen getestet, um hier eine Basis für Aufnahmeexperimente zu haben. Eine für das Projekt sehr nützliche weitere Voraussetzung ist die Genomsequenzierung von *Schizophyllum commune*, die nunmehr nahezu abgeschlossen ist. Damit stehen uns Daten des Gesamtgenoms zur Verfügung und es wurde in silico Transporter im Pilz gesucht und identifiziert, die auf ihre spezifische Wirkung in der Uranaufnahme untersucht werden können. Dazu wird zurzeit in einer Abschlussarbeit ein Mikroarray hergestellt, der alle verfügbaren Transportproteine des MATE, MFS und P-Typs umfasst. Nach Anzucht in Uran-haltigen Medien wird RNA gewonnen und die Expression der Transporter in Transkriptomanalysen untersucht. Ein Transporter, der unter diesen Bedingungen im Vergleich zur Kontrolle in reinem Medium höher exprimiert wird, ist wahrscheinlich an der Uranaufnahme oder am Transport von Uran beteiligt. Dies wäre der erhoffte Durchbruch in der Beschreibung von Uran-Aufnahme und Uran-Export in eukaryon-

tischen Zellen, da dann eine Übertragbarkeit der Ergebnisse in andere Systeme leicht überprüft werden kann.

Gleichzeitig werden Mechanismen zur Schwermetall- (insbesondere Uran-)Resistenz untersucht, um eine Abhängigkeit von der Phosphor-Versorgung zu testen. Dies würde auf eine Speicherung von Schwermetallen und toxischen Verbindungen in der Vakuole von Pilzen bzw. in Form von Volutin-Granula in Bakterien hindeuten

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Meilensteine 1 und 2 sollen im 2. Halbjahr 2008 erreicht werden:

1. Lokalisierung und Bestimmung der bindungsrelevanten Zellkomponenten auf chemischer Ebene in Bakterien
2. Lokalisierung und Bestimmung der bindungsrelevanten Zellkomponenten auf chemischer Ebene in Pilzen

Die Meilensteine 3 bis 5 werden im Juni 2009, Dezember 2009 und September 2010 angestrebt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Bergmann, H., Büchel, G., Kothe, E. 2008. 7th Symposium on remediation in Jena ("Jenaer Sanierungskolloquium"): Metal stress: biotic and abiotic factors. Tagungsband, Jena, in Vorbereitung.

Roth A, Buchholz A, Rudolph M, Schütze E, Kothe E, Plass W, 2008. Directed synthesis of a heterobimetallic complex based on a novel unsymmetric double-Schiff-base ligand: Preparation, characterization, reactivity and structures of homo- and heterobimetallic nickel(II) and zinc(II) complexes. Chem. Eur. J. 14, 1571-1583.

Schmidt A, Haferburg G, Schmidt A, Merten D, Ghergel F, Büchel G, Kothe E, 2008. Heavy metal resistance *Streptomyces* strains from a former uranium mining area. Chemie der Erde, in press.

Dimkpa C, Svatos A, Merten D, Büchel G, Kothe E, 2008. Hydroxamate siderophores produced by *Streptomyces acidiscabies* E13 bind nickel and promote growth in cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under nickel stress. Can. J. Microbiol. 54, 163-172.

Albarracín VH, Winik B, Kothe E, Amoroso MJ, Abate CM, 2008. Evidences of copper bioaccumulation by *Amycolatopsis* sp. AB0, a copper resistant strain. Eingereicht.

Kothe E, Dimkpa C, Ghergel F, Haferburg G, Krause K, Schmidt A, Schindler F, Zellmer A, Kießig G, Merten D, Büchel G, Zeggel L, 2008. Microbial adaptation and its use for bioremediation. Eingereicht.

Zeggel L., Zellmer A, Schindler F, Schmidt A, Reinicke M, Kießig G, Kothe, 2008. Possibilities for the use of microorganisms in remediation strategies. Eingereicht, IASA.

Schmidt M, Schmidt A, Schütze E, Kothe E, Weston J (2007) Modified biomimeticum for nickel superoxide dismutase. Eingereicht.

Sineriz ML, Kothe E, Abate CM. Cadmium biosorption by *Streptomyces* sp. F4 isolated from former uranium mine. Eingereicht JBM.

Haferburg G, Klöß G, Schmitz W, Kothe E, 2008. „Ni-struvite“ – a new biomineral formed by a nickel resistant *Streptomyces acidiscabies*. Chemosphere 72, 517-523.

Haferburg G, Groth I, Möllmann U, Kothe E, Sattler I. 2007. Arousing sleeping genes: Shifts in secondary metabolism of metal tolerant actinobacteria under conditions of heavy metal stress. Eingereicht, J. Biotech.

Dimkpa C, Svatos A, Dabrowska P, Schmidt A, Boland W, Kothe E, 2008. Relationship between selected heavy metals and the simultaneous production of auxins and siderophores by *Streptomyces* ssp. Eingereicht.

Kothe E, 2008. Soils. In: Encyclopedia of Geobiology (Reitner J, Thiel V, eds.). Springer Verlag, Heidelberg. Submitted.

Kothe E, 2008. Microbial degradation. In: Encyclopedia of Geobiology (Reitner J, Thiel V, eds.). Springer Verlag, Heidelberg. Submitted.

Kothe, E., 2008. Sexual attraction: On the role of fungal pheromone/receptor systems (a review). Acta Microbiol. Immunol. Hung. 55, 125-143.

Zuwendungsempfänger: Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena		Förderkennzeichen: 02 S 8528
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließende Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe (PHYTOREST)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2008 bis 28.02.2011	Berichtszeitraum: 01.03.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 353.152,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Büchel	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Vergabe der Leistungen und Unteraufträge erfolgte nach vorheriger intensiver Sichtung des Marktes.

Gleichzeitig wurden Vorversuche auf dem neu eingerichteten Teil des Testfeldes durchgeführt. Dabei wurde ein Plot mit Streptomyces und Mykorrhiza als Phytoremediationsbeitrag versetzt und mit Sonnenblumen, Sudangras und Phacelia bepflanzt. Ein zweiter Plot diente mit der gleichen Bepflanzung ohne diese Zusätze als Kontrollfläche. Der dritte Plot wurde bodenmechanisch bearbeitet, um differenzierte Bodenfunktionalitäten gegenüber den anderen Plots einzustellen, wobei der Bepflanzungstyp beibehalten wurde. Auf dem vierten Plot wurden als Testversuch weitere Pflanzenarten wie Klee, Lupine, Senf, Mangold, Rettich und Topinambur ohne biologische Additive angepflanzt. Nach 6-wöchiger Wachstumsphase wurden einzelne Pflanzenkompartimente der Sonnenblumen zu Analysezwecken geerntet, um einen möglichen Einfluss der biologischen Additive und des veränderten Geosubstrates auf die R/SM-Aufnahme und die Biomasse abschätzen zu können.

Begleitend zu den Freilandversuchen wurden im Rahmen von zwei Bachelorarbeiten Pflanzversuche in 1 l-Gefäßen unter kontrollierten Bedingungen (Klimakammern) durchgeführt. Gleichzeitig liefen Gefäßversuche mit indischem Senf und Sonnenblumen unter natürlichen Bedingungen. Die Analytik des Pflanzenmaterials (Mikrowellenaufschluss), die Bestimmung der Elementgehalte des Bodens (Elution) sowie die Ermittlung mikrobiologischer Parameter (Bodenatmung, Lebendzellzahlen) wurden für die Gefäßversuche durchgeführt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten für die Installation und Inbetriebnahme der Messgeräte werden Ende September durchgeführt. Bei der Vorbereitung des Testfeldes für die Installation der Messtechnik werden Messflächeneingrenzungen installiert, die oberirdisch ablaufendes Wasser an den Messflächen vorbei leiten.

Laboruntersuchungen:

Im ersten Schritt werden Keimversuche in Petri-Schalen mit dem Testfeldsubstrat durchgeführt, um den Effekt unterschiedlicher Additive (Amine, Phospholipide) in verschiedenen Konzentrationsstufen auf die Keimrate ausgewählter Genotypen zu untersuchen. Gleichzeitig sollen Veränderungen der Evaporation durch den Einsatz der Additive abgeschätzt werden. Hierbei steht die gesteuerte Veränderung der Wasserspannung (Tension) im Substrat, als modifizierender Parameter der Verdunstung und des pflanzenverfügbaren Wassers, im Vordergrund.

Auf Grundlage der Keim- und Topfversuche wird ab Oktober ein Großversuch mit 5 l-Pflanzgefäßen mit ausgewählten Genotypen und Additiven durchgeführt. Die analytischen Ergebnisse aus den Pflanzen- und Bodenuntersuchungen liegen zu Beginn des Jahres 2009 vor und bilden die Entscheidungsbasis für die Freilandversuche auf dem Testfeld.

Die Charakterisierung der physikochemischen Bedingungen (Boden- und Grundwasseranalytik) am Standort Gessenwiese (Konzentrationen an Eisen, Mangan, pH-Werte, Redoxpotential, Leitfähigkeit, Sulfatgehalt) erfolgt im August/September.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden		Förderkennzeichen: 02 S 8538
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließende Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe (PHYTOREST)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2008 bis 30.04.2011	Berichtszeitraum: 01.05.2008 bis 30.06.2008	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 461.386,00 EUR	Projektleiter: Prof. Werner	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Grundlagenuntersuchungen der Entfrachtung von verschiedenem Pflanzenmaterial
- Analytik der Metalle in den Stoffströmen aus den Entfrachtungs- und Verwertungsversuchen
- Durchführung von Grundlagenversuchen zur Vergärung
- Untersuchung verschiedener Prozessparameter der Entfrachtung (Submerskulturen)
- Durchführung alternativer Verbrennungsversuche
- Orientierende Versuche zur Entfrachtung im Reaktormaßstab
- Optimierung der Reaktorversuche zur Entfrachtung
- Entwicklung von Verfahrensvorschlägen
- Stoffflussanalysen für die konkurrierenden Systeme Boden- Pflanze und Boden- Grundwasser
- Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Berichtszeitraum (01.05.2008 – 31.06.2008) wurde vor allem die Besetzung der für 2008 geplanten Stellen (Projektkoordinator, 1 Doktorand, 1 Laborant) vorgenommen bzw. eingeleitet. Weiterhin wurde eine Ausschreibung für das geplante ICP- MS- Gerät ausgelöst.

Als erste wissenschaftliche Arbeiten wurden Literaturstudien durchgeführt, erste Analysen von beladenem Pflanzenmaterial (Standort Sorge-Settendorf nahe der Gessenwiese) vorge-

nommen und erste Experimente zur Verwertung von Pflanzenmaterial (Erzeugung von Ethanol als Wertstoff) getätigt. Im Einzelnen wurden dabei folgende Arbeiten durchgeführt: Es wurden und werden Literaturstudien zur Phytoremediation von SM/R mit Pflanzen sowie zur Lokalisierung der SM/R in einzelnen Pflanzenteilen bzw. in bestimmten Zellkompartimenten und zu deren Messmethoden vorgenommen. Weiterhin wurden erste Versuche zur Erzeugung von Ethanol aus stärkehaltigen Pflanzen (Kartoffeln) durchgeführt, da Wurzeln und Knollen in besonderem Maße SM/R akkumulieren und Kartoffeln z. B. einen hohen Biomasseertrag und damit eine hohe SM/R-Eliminationsleistung pro ha und Zeiteinheit erbringen können. Eine gaschromatographische Methode zur Messung des Alkoholgehaltes in den Maischeansätzen wurde entwickelt. Weiterhin wurden die Bedingungen zur Konditionierung und Vergärung der Kartoffelmaische optimiert (Druck, Temperatur, Zeit für die Konditionierung und Versuchszeit der Gärung, Feststoffgehalt). In ersten Gärversuchen wurde ein Alkoholgehalt der Maische von 9.1 l aus 100 kg unbelasteten Kartoffeln erzielt (Referenzversuch). Als optimaler Feststoffgehalt wurden 56 % ermittelt, was jedoch noch weiter optimierbar ist. Die Reproduzierbarkeit der Versuche ist mit < 1 % Abweichung ausgezeichnet, was vermutlich an der Verwendung kommerzieller Hefen und Enzyme zur Konditionierung und Fermentation liegt, die einen hohen Gärerfolg und eine ausgezeichnete Reproduzierbarkeit gewährleisten. Die hier erzielten Ergebnisse werden als Referenzergebnisse für zukünftige Versuche mit schwermetallbelasteten Pflanzensubstraten dienen.

Durch die Jenaer Arbeitsgruppe (Prof. Bergmann) wurde erstes beladenes Pflanzenmaterial bereitgestellt. Analysen der SM/R- Gehalte wurden von *Triticum* (Weizen), *Hypericum* (Johanniskraut), *Thlaspi* (Hellerkraut), *Ranunculus* (Hahnenfuß) und *Taraxacum* (Löwenzahn) durchgeführt. Dabei wurden hohe Akkumulationen von Zn und Cu im Weizen festgestellt (bis 298 mg/kg bzw. 26.7 mg/kg); die Ähren akkumulieren besonders As (2.4 mg/kg). *Ranunculus* wurde als guter Akkumulator für Sr (56,7 mg/kg), Mn (77.1 mg/kg) und Fe (235.2 mg/kg) ermittelt.

Zur Koordinierung des Projektes werden regelmäßig Projekttreffen der beiden Arbeitsgruppen aus Pirna und Jena durchgeführt, zu denen aktuelle Ergebnisse besprochen und die weitere Vorgehensweise beraten werden. Protokolle der entsprechenden Arbeitstreffen werden dem Projektträger jeweils zugesandt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Im nachfolgenden Berichtszeitraum sind gemäß Untersuchungsprogramm (Punkt 2) folgende Arbeiten geplant:

- Entwicklung einer geeigneten Methodik zur Untersuchung der Bindung der SM/R an das beladene Pflanzenmaterial
- Untersuchung der Bindung der SM/R an das vorliegende unterschiedliche Pflanzenmaterial (s. o.)
- Erste Versuche zur Entfrachtung des beladenen Pflanzenmaterials auf der Grundlage der Kenntnisse über die Bindung der SM/R
- Untersuchungen zur alkoholischen Fermentation SM/R-beladener Kartoffeln und Ermittlung der enzymatischen Hemmung bei der Konditionierung sowie der Prozesshemmung durch die enthaltenen SM/R.
- Bilanzierung der SM/R in den Stoffströmen aus den Entfrachtungs- und Verwertungsversuchen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

2.3 Ausführende Forschungsstellen

BÜDIAM Diamantwerkzeuge R. und N. Büttner GmbH, Industriestr. 5a, 35713 Eschenburg

- 02 S 8447 Verbundprojekt: Metal Matrix Composites als Schneidwerkstoff für Metallverbundstrukturen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen  80

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

- 02 S 8021 Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen -Weiterführende Untersuchungen (EBER III)-  42
- 02 S 8274 Fallversuche mit Brennelement-/HAW-Transport- und Lagerbehältern in Originalgröße  48

Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Wilhelmstr. 7, 72074 Tübingen

- 02 S 8416 Das Phänomen der Hyperradiosensitivität und deren Modulation durch den Radioprotektor Phosphotyrosin - *Strahlenforschung*  74

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  52

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

- 02 S 8294 Kontrolle biologischer Untersuchungen bei der Dekontamination heterogener, schwach radioaktiv kontaminierter Geosubstrate für die Strahlenschutzvorsorge  50
- 02 S 8396 Untersuchungen zur Strahlenschutz-Vorsorge für radionuklidbelastetes Substrat: Mikrobieller Beitrag zur Bioakkumulation aus Bauschutt  70
- 02 S 8517 Uranaufnahme  94
- 02 S 8528 Verbundprojekt: Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließende Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe (PHYTOREST)  96

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

- 02 S 8355 Molekulare und zelluläre Wirkung dicht ionisierender Strahlen - *Strahlenforschung*  60
- 02 S 8497 Induktion und Transmission von genetischen Schäden nach Hoch-LET Bestrahlung: In vivo und in vitro Untersuchungen - *Strahlenforschung*  90

Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover

- | | | |
|------------------|--|------|
| 02 S 8386 | Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzschichten auf dickwandigen End- und Zwischenlagerbauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten -SHARK- | 📖 68 |
| 02 S 8437 | Verbundprojekt: Metal Matrix Composites als Schneidwerkstoff für Metallverbundstrukturen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen | 📖 78 |
| 02 S 8487 | Konstruktion, Herstellung, Beschichtung, Prüfung und Handhabung langzeitstabiler Gebinde zur sicheren Lagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen | 📖 88 |

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

- | | | |
|------------------|--|------|
| 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 - <i>Strahlenforschung</i> | 📖 58 |
| 02 S 8457 | Untersuchung von epigenetischen Effekten nach Bestrahlung menschlicher Zellen - <i>Strahlenforschung</i> | 📖 82 |

SGE Spezialgeräteentwicklung GmbH, Lohmener Str. 11, 01796 Pirna

- | | | |
|------------------|--|------|
| 02 S 8406 | Weiterentwicklung der Technologie Plasmaschneiden für nichtmetallische Materialien für den praktischen Einsatz beim Rückbau und der Zerlegung von Kernkraftwerksanlagen und Reaktoren sowie für den Katastrophenschutz | 📖 72 |
|------------------|--|------|

Siempelkamp Giesserei GmbH, Siempelkampstr. 45, 47803 Krefeld
--

- | | | |
|------------------|--|------|
| 02 S 8011 | Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen -Weiterführende Untersuchungen (FORM III)- | 📖 40 |
|------------------|--|------|

Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstr. 45, 47803 Krefeld

- | | | |
|------------------|--|------|
| 02 S 8366 | Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzschichten auf dickwandigen End- und Zwischenlagerbauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten -SHARK- | 📖 64 |
|------------------|--|------|

Technische Universität Darmstadt, Karolinenplatz 5, 64289 Darmstadt
--

- | | | |
|------------------|--|------|
| 02 S 8335 | Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung - <i>Strahlenforschung</i> | 📖 56 |
|------------------|--|------|

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

- | | | |
|------------------|--|------|
| 02 S 8356 | Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abproduktkonditionierung | 📖 62 |
| 02 S 8538 | Verbundprojekt: Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließende Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe (PHYTOREST) | 📖 98 |

Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München
--

- | | | |
|------------------|---|------|
| 02 S 7951 | Entsorgung von Beryllium / Berylliumoxid und Cadmium aus Forschungsreaktoren | 📖 38 |
| 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 | 📖 54 |
| 02 S 8376 | Bestimmung von Endlager-relevanten, langlebigen Radionukliden mittels radiometrischer und spezieller massenspektrometrischer Verfahren | 📖 66 |
| 02 S 8507 | Verfahren zur selektiven Tritium-Extraktion aus wässrigen Abfalllösungen und langzeitstabilen Bindung auf einem Träger | 📖 92 |

Universität Karlsruhe (TH), 76131 Karlsruhe
--

- | | | |
|------------------|--|------|
| 02 S 8223 | Inaktivierung von Mdm2 nach ionisierender Strahlung – Aufklärung der Signaltransduktionskette - <i>Strahlenforschung</i> | 📖 44 |
| 02 S 8477 | Regulation der Nicht-homogenen Endverknüpfung durch post-translationelle Modifikation - <i>Strahlenforschung</i> | 📖 86 |

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

- | | | |
|------------------|---|------|
| 02 S 8254 | Checkpoint Manipulation als Strategie für den Strahlenschutz und für die Strahlensensibilisierung von Säugetierzellen
- <i>Strahlenforschung</i> | 📖 46 |
| 02 S 8467 | Regulationsmechanismen eukaryotischer DNA Replikation nach Bestrahlung
- <i>Strahlenforschung</i> | 📖 84 |

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Martinistr. 52, 20251 Hamburg
--

- | | | |
|------------------|---|------|
| 02 S 8427 | Genomische Instabilität durch Doppelstrangbrüche: Bedeutung des Single-strand annealing
- <i>Strahlenforschung</i> | 📖 76 |
|------------------|---|------|