

**Forschungszentrum Karlsruhe  
in der Helmholtz-Gemeinschaft**

**PTE-S Nr. 7**

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

**Berichtszeitraum: 01. Juli - 31. Dezember 2003**

Projekträger Wassertechnologie und Entsorgung  
im Auftrag des  
Bundesministeriums für Bildung und Forschung

**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH**  
Mai 2004



## **PTE-S Berichte**

Der vorliegende Halbjahresbericht unterrichtet die Beteiligten an den Stilllegungsarbeiten, die aus dem BMBF-Titel „Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Versuchs- und Demonstrationsanlagen“ finanziert werden, weiter die im Rahmen des Förderkonzepts „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“ FuE-Arbeiten durchführenden Forschungsstellen, sowie zuständige Behörden. Eine Weitergabe des Berichtes oder seines Inhaltes an Dritte bedarf der Zustimmung des Projektträgers des BMBF.

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



## Vorwort

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

Dieser Auftrag umfasst die Förderkonzepte „Forschungsförderung zur Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen“ und „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“. Im Rahmen dieses Auftrages betreut der Projektträger PtWT+E u. a. für BMBF, Referat 413, die FuE-Vorhaben zu Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen.

Der vorliegende Fortschrittsbericht dokumentiert Stand und Ergebnisse dieser FuE-Vorhaben und darüber hinaus der Stilllegungsprojekte, die aus dem im Geschäftsbereich des BMBF befindlichen Stilllegungstitel finanziert werden. Er wird von PtWT+E *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, BZL und AVR am Standort Jülich
- die Projekte des HDB, KNK, MZFR und WAK am Standort Karlsruhe
- die Restabwicklung des THTR 300
- die Verfüllung der Südflanke der Schachanlage Asse
- die Stilllegung des Forschungsreaktors TRIGA Heidelberg II
- Projekt MAREN bei GKSS.

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

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

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



# Inhaltsverzeichnis

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1</b>   | <b>Stilllegungsprojekte des BMBF .....</b>                              | <b>1</b>  |
| <b>1.1</b> | <b>FZ Jülich.....</b>   | <b>1</b>  |
|            | Merlin.....   | 2         |
|            | BZL .....   | 4         |
|            | AVR .....   | 6         |
| <b>1.2</b> | <b>FZ Karlsruhe.....</b>  | <b>9</b>  |
|            | HDB .....   | 10        |
|            | KNK .....   | 12        |
|            | MZFR.....   | 14        |
|            | WAK .....   | 16        |
| <b>1.3</b> | <b>THTR 300 .....</b>   | <b>19</b> |
| <b>1.4</b> | <b>Schachtanlage Asse .....</b>   | <b>23</b> |
| <b>1.5</b> | <b>TRIGA Heidelberg II .....</b>  | <b>27</b> |
| <b>1.5</b> | <b>Projekt MAREN bei GKSS.....</b>                                      | <b>31</b> |
| <b>2</b>   | <b>FuE-Vorhaben „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“ .....</b> | <b>35</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Fördervorhaben .....</b>   | <b>35</b> |
| <b>2.2</b> | <b>Formalisierte Zwischenberichte.....</b>                              | <b>37</b> |
| <b>2.3</b> | <b>Ausführende Forschungsstellen .....</b>                              | <b>93</b> |





# **1 Stilllegungsprojekte des BMBF**

## **1.1 FZ Jülich**

|   |   |
|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Forschungszentrum Jülich GmbH, Postfach 36 40, 76021 Jülich  |   |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Stilllegung und Abbau des Forschungsreaktors FRJ-1 (MERLIN) |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>1996 bis 2005   | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |
| <b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b><br>24,77 Mio. €  | <b>Projektleiter:</b><br>Dipl.-Ing. Stahn             |

## 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

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

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

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

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

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

## 2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Im zweiten Halbjahr 2003 wurden die Arbeiten zum Abbau des mittleren und unteren Bauabschnitts des Reaktorblocks abgeschlossen.

In Übereinstimmung mit der Aufsichtsbehörde wurde zur Minimierung der Interventionszeiten des Personals im Strahlenfeld die Meißeltechnik verstärkt auch für die Zerlegung von Aluminium-, Blei- und Stahlkomponenten eingesetzt. Der elektrohydraulische Bagger hat sich somit als universelles Abbauwerkzeug, auch über den Beton hinaus, erwiesen. Die ständige extreme Belastung des Abbaubaggers zog mit steigendem Abbaufortschritt jedoch zunehmende Ausfallzeiten nach sich.

Der Abbau des mittleren Bauabschnitts wurde Mitte November 2003 abgeschlossen. Von den dabei angefallenen Abbauteilen (ca. 200Mg Schwerbeton, ca. 65Mg Stahl, ca. 7Mg Aluminium, ca. 60Mg Blei) waren über 90% nicht freimessbar und wurden zur Abteilung Dekontamination verbracht.

Der Abbau des unteren Bauabschnitts wurde Ende Dezember 2003 abgeschlossen. Lag am Anfang die Freimessquote des in diesem Rahmen abgebauten Materials bei etwa 40%, so konnte zum Abbauende hin 100% des Materials freigemessen werden. Von den insgesamt etwa 170t Abbaumaterial des unteren Bauabschnitts konnten so ca. 80% freigemessen werden.

Während der Abbautätigkeiten gab es zu keiner Zeit eine nennenswerte luftgetragene Kontamination. Dies resultiert zum einen aus den ergriffenen technischen Maßnahmen (Befeuchtung und Absaugung), zum anderen aber auch aus der eingeschränkten Mobilität der im wesentlichen im schwereren Stahlanteil des Betons gebundenen Aktivität (Aktivierung).

Ergänzend zum Genehmigungsantrag für die Freimessung der Reaktorhalle zur anschließenden Entlassung aus dem AtG wurde im August 2003 der Sicherheitsbericht für die Freimessung und Freigabe der Gebäudestrukturen der Reaktorhalle eingereicht.

### **3. Geplante Weiterarbeit**

Zur Vorbereitung auf den Abbau von Reaktorwarte und Rangierverteiler soll Anfang 2004 mit dem Ab- und Umbau des Reaktorschutzsystems begonnen werden.

Ebenso sollen ab Anfang 2004 noch bestehende Ver- und Entsorgungseinrichtungen (E-Technik, Druckluftversorgung, Wasserver- und -entsorgung) durch Provisorien ersetzt werden, um die Gebäudeumschließungsflächen mit Blick auf die anstehenden Dekontaminations- und Freimesstätigkeiten zu bereinigen.

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

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

### **5. Kosten**

|  |                      |
|--|----------------------|
| Kosten bisher (von 1996 bis 2002):     | 15,52 Mio. €         |
| Kosten Berichtszeitraum (Ansatz 2003): | 2,90 Mio. €          |
| Zukünftige Kosten:                     | 6,35 Mio. €          |
| Geldgeber:                             | Bund 90 %, Land 10 % |

|  |   |
|--|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Forschungszentrum Jülich GmbH, Postfach 36 40, 76021 Jülich |   |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Stilllegung und Rückbau des Brennstoffzellenlabors (BZL)   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>1996 bis 2003  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |
| <b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b><br>10,74 Mio. €   | <b>Projektleiter:</b><br>Dipl.-Ing. Matela            |

## 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Das Brennstoffzellenlabor der Forschungszentrum Jülich GmbH wurde in den Jahren 1962 bis 1966 errichtet und in Betrieb genommen.

Es diente u. a. der werkstofftechnischen Untersuchung von bestrahlten Kernbrennstoffen sowie der Reparatur stark aktivierter und kontaminierter Reaktorbauteile.

Die Anlage bestand aus drei Zellenkomplexen, die sich insbesondere durch die Abschirmmaterialien (Blei, Beton, Stahl) voneinander unterschieden.

Den rechtlichen Rahmen für den Betrieb des Brennstoffzellenlabors bildete eine Genehmigung nach § 9 des Atomgesetzes.

Ab August 1996 begann im Rahmen der weiterhin gültigen Betriebsgenehmigung die Entfernung aller Proben aus den Laboren und der Ausbau der Versuchseinrichtungen aus den Zellen. Darüber hinaus wurden die Zelleninnenräume gesäubert und grob dekontaminiert.

Ende 1997 wurde der Antrag nach dem Atomgesetz auf Rückbau des Brennstoffzellenlabors mit dem Ziel der totalen Beseitigung gestellt. Ein Jahr später erhielt das Forschungszentrum Jülich die Zustimmung.

Nach Zustimmung durch die Aufsichtsbehörde wurde Mitte 2000 mit den Abbautätigkeiten begonnen. In der 680. Sitzung des FZJ-Vorstandes am 30.09.2002 wurde u. a. beschlossen, das Brennstoffzellenlabor wieder in Betrieb zu nehmen und parallel dazu die „Großen Heißen Zellen“ (GHZ) in den Rückbau zu überführen. Bis zu diesem Zeitpunkt waren der Laborbereich BZ I und der Laborbereich BZ III abgebaut. Als Einrichtung für die Wiederinbetriebnahme des BZL, neue Bezeichnung „Heißes Materialprüflabor“ (HML), stehen u. a. der noch verbliebene Laborbereich BZ II und diverse Einrichtungen der Großen Heißen Zellen zur Verfügung, die sukzessive aus den GHZ ausgebaut und im HML installiert werden.

## **2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum**

Der Abschlussbericht und die Enddokumentation liegen seit dem 14.11.2003 vor. Die letzten beiden Schuttmulden mit freigemessenem Abbaumaterial aus dem Rückbau BZ III wurden im zweiten Halbjahr 2003 entsorgt.

## **3. Geplante Weiterarbeit**

Mit Beendigung der unter Punkt 2 genannten Aktivitäten wurde das Projekt vorläufig abgeschlossen.

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

In Vorbereitung sind Sachstandsberichte an BMBF (Bund) und MSWWF (Land).

## **5. Kosten**

|  |                      |
|--|----------------------|
| Kosten bisher (von 1996 bis 2002):     | 10,14 Mio. €         |
| Kosten Berichtszeitraum (Ansatz 2003): | 0,6 Mio. €           |
| Zukünftige Kosten:                     | ---- Mio. €          |
| Geldgeber:                             | Bund 90 %, Land 10 % |

|  |   |
|--|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Forschungszentrum Jülich GmbH, Postfach 36 40, 76021 Jülich |   |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Rückbau des Versuchsreaktors AVR                           |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>1987 bis 2012  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |
| <b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b><br>398,7 Mio. €   | <b>Projektleiter:</b><br>Dipl.-Ing. Rittscher         |

## 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Der Versuchsreaktor AVR ist ein heliumgekühlter graphitmoderierter Hochtemperaturreaktor mit kugelförmigen Brennelementen („Kugelhaufenreaktor“). Der Reaktor war die erste ausschließlich in der Bundesrepublik Deutschland entwickelte Kernkraftanlage. Seine thermische Leistung betrug 46 MW, die elektrische Bruttoleistung 15 MW. Aufgabe der Anlage war es, den sicheren Betrieb und die Verfügbarkeit dieses neuen Reaktortyps zu demonstrieren, Komponenten und insbesondere HTR-Brennelemente zu erproben sowie reaktortypbezogene Experimente durchzuführen. Der Standort des Reaktors grenzt unmittelbar an das Gelände des Forschungszentrums Jülich (FZJ). Nach 21 Betriebsjahren wurde die Anlage Ende 1988 abgeschaltet.

## 2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Die 1986/87 beantragte Genehmigung zur Herbeiführung und zum Betrieb des Sicheren Einschlusses der Anlage wurde im März 1994 erteilt. Die Stilllegungsgenehmigung wurde in der Folge durch vier Ergänzungen angepasst.

Im März 1994 begann im Rahmen des ersten Stilllegungsabschnitts die Brennelement-Entladung des Reaktorbehälters, die im Juni 1998 abgeschlossen wurde. Von Juni 1998 bis Februar 1999 wurde der Reaktorbehälter durch eine Inspektionsbohrung auf Brennelement- und Bruchstückfreiheit inspiziert. Alle Komponenten des Sekundärkreislaufs mit Ausnahme der Turbine (u. a. Kühltürme, Kaltkondensationspeicher, Pumpen und Rohrleitungen), der Generator, Reingaslager, Einrichtungen im Reaktorgebäude und im Schutzbehälter, Abschirmungen und Isolierungen im Schutzbehälter wurden demonstrieren und verbleibende Komponenten, z.B. der Dampferzeuger, verschlossen. Verzögerungen bei der Ausführung verschiedener Einzelmaßnahmen durch unvorhergesehene Ereignisse führten zur Umstellung der Abbaufolge.

Eigentümerin und Betreiberin der Anlage ist die Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor (AVR) GmbH, deren Gesellschafter bis Mai 2003 aus einem Zusammenschluss von 15 Elektrizitätsversorgungsunternehmen bestand. BMBF und das Land Nordrhein-Westfalen haben sich in einer Verwaltungsvereinbarung am 25.02./13.03.2003 auf eine Neustrukturierung des AVR-Projektes verständigt. Im Zuge der Neustrukturierung wurde die AVR GmbH am 20.05.2003 von der Energiewerke Nord (EWN) GmbH gesellschaftsrechtlich übernommen und alle Altgesellschafter aus dem Projekt entlassen. Mit der Übernahme hat sich das Projektziel von „Herstellung Sicherer Einschluss“ in „Herstellung Grüne Wiese“ geändert.

Im Berichtszeitraum wurde der Restbetrieb sicher und zuverlässig durchgeführt; es gab keine meldepflichtigen Ereignisse und keine Arbeitsunfälle. Die Umstellung des Schichtbetriebes auf Tagesschicht ist genehmigt und erfolgt bis zum Jahresende. Die genehmigten Außerbetriebnahmen und Demontagen wurden fortgeführt.

Das neue Abbaukonzept, d. h. Herausnahme des Reaktorbehälters als Ganzes und Abbau der verbleibenden kontaminierten Anlagenteile bis zur grünen Wiese, wurde konzeptionell überarbeitet und vertieft. Eine erste Präsentation bei der Genehmigungsbehörde hat stattgefunden.

Das neue technische Konzept soll in 2 Stufen umgesetzt werden, indem kurzfristig mit einem größeren Gebäudeanbau und einer damit verbundenen Materialschleuse der notwendige, vorbereitende Abbau beschleunigt und durch eine neue Lüftungsanlage die Arbeitsbedingungen deutlich verbessert werden. Der hierzu erforderliche Genehmigungsantrag (Änderungsgenehmigung zum genehmigten "Sicheren Einschluss") einschließlich der Unterlagen wurde im Dezember 2003 eingereicht.

### 3. Geplante Weiterarbeit

Der weitere Genehmigungsantrag für die Restarbeiten bis zur "Herstellung Grüne Wiese" wird in der 2. Jahreshälfte 2004 vorbereitet, ebenso der Antrag für die Errichtung eines Zwischenlagers für die bei der Demontage anfallenden radioaktiven Reststoffe.

Schwerpunkte der kommenden Arbeiten sind die Ausschreibung und Vergabe der vorgesehenen Materialschleuse und einer zusätzlichen Lüftungsanlage. Weiterhin wird das technische Rückbau-Konzept detailliert und werden Berechnungen zum Ausbau und dem Transport des Reaktorbehälters durchgeführt.

Insgesamt sieht die Planung vor, dass die Genehmigung zur Errichtung der Materialschleuse sowie der neuen Lüftung 2004 erteilt wird; die Genehmigungen für das Zwischenlager und das Heben des Reaktorbehälters sollen Ende 2005 vorliegen.

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

keine

### 5. Kosten

|  |   |
|--|---|
| Kosten bisher (01.01.1988 bis 31.12.2003): | 189,7 Mio. €  |
| Kosten Berichtszeitraum: 01.04.-31.12.2003 | 9,0 Mio. €  |
| Zukünftige Kosten:                         | 200,0 Mio. €  |
| Geldgeber:                                 | Bund 90 %, Land 10 % (bis 31.03.2003)<br>Bund 70 %, Land 30 % (ab 01.04.2003) |

In den Kosten bis 31.03.2003 (189,7 Mio. €) sind enthalten:

|                                      |                 |
|--------------------------------------|-----------------|
| Kosten für den Stillstand (bis 1994) | ca. 62,0 Mio. € |
| Castorbehälter für BE-Lagerung:      | ca. 18,0 Mio. € |
| Endlagerung:                         | ca. 1,0 Mio. €  |

Die tatsächlichen Kosten für das Vorhaben „Rückbau des Versuchsreaktors AVR“ reduzieren sich um 81,0 Mio. € auf 317,7 Mio. €





## **1.2 FZ Karlsruhe**

|   |   |
|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe              |   |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Stilllegung von Teilanlagen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>1994 bis 2030   | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |
| <b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b><br>113 Mio. €  | <b>Projektleiter:</b><br>Dipl.-Ing. Funk              |

### 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

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

- Betriebsabfälle und Reststoffe aus dem Rückbau der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK)
- Abfälle des Europäischen Instituts für Transurane (ITU)
- Betriebsabfälle und Reststoffe aus dem Rückbau der Reaktoren MZFR und KNK
- Landessammelstelle Baden-Württemberg (LSSStBW)

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

Gegenwärtig werden von der HDB folgende Anlagen betrieben:

- LAW-Eindampfung
- Zementierung
- LAW-Verschrottung
- MAW-Verschrottung
- Geräte-Dekontamination
- Verbrennungsanlage
- Reststofflager
- Zwischenlager für wärmeentwickelnde und nicht wärmeentwickelnde Abfallgebände
- Freimesslabor
- Radiochemisches Labor.

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

## 2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

- MAW-Eindampfanlage, Bau 555  
80 % der Gebäude-Abbrucharbeiten sind abgeschlossen. Die weiteren Maßnahmen sind vom Nachweis der Entsorgungssicherheit der neuen LAW-Eindampfung und Stand-By-Zementierung abhängig.
- Zementierung I, Bau 534  
Der Abbruch ist abgeschlossen.
- LAW-Eindampfungsanlage und Zementierung II, Bau 545  
Der Sicherheitsbericht befindet sich weiter in Begutachtung; das grundsätzliche Einverständnis des BMBF liegt vor. Der Rückbaubeginn ist wie bei der MAW-Eindampfanlage abhängig vom Nachweis der Entsorgungssicherheit der beiden neu errichteten Anlagen (s.o.).

## 3. Geplante Weiterarbeit

MAW-Eindampfanlage (Bau 555): Restlicher Abbruch des Gebäudes, Geländearbeiten  
LAW-Eindampfung (Bau 545): Begutachtung Sicherheitsbericht

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

keine

## 5. Kosten

|  |                      |
|--|----------------------|
| Kosten bisher (von 1994 bis 30.06.2003): | 11,57 Mio. €         |
| Kosten Berichtszeitraum:                 | 0,14 Mio. €          |
| Zukünftige Kosten:                       | 101,29 Mio. €        |
| Geldgeber:                               | Bund 90 %, Land 10 % |

|  |   |
|--|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe   |   |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Stilllegung der Kompakten Natriumgekühlten Kernreaktoranlage (KNK) |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>1992 bis 2007  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |
| <b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b><br>253,1 Mio. €   | <b>Projektleiter:</b><br>Frau Dipl.-Ing. Hillebrand   |

## 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage KNK war ein Versuchskernkraftwerk mit 20 MW elektrischer Leistung auf dem Gelände des Forschungszentrums Karlsruhe. Die Anlage wurde zunächst von 1971 bis 1974 mit einem thermischen Kern als KNK I und dann ab 1977 mit einem schnellen Kern als Schnellbrüterkraftwerk KNK II betrieben. Eigentümer der Anlage ist das Forschungszentrum Karlsruhe, Betreiber die Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH (KBG). Das Kühlsystem der KNK war in zwei Primär- und Sekundärkreisläufe aufgeteilt, die mittels Natrium die im Reaktor erzeugte Wärme an die tertiären Wasser-Dampf-Kreisläufe 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. Entsorgen der Brennelemente (Betriebs-Genehmigung)
2. Abbau des Tertiärsystems (1. SG)
3. Abbau des Objektschutzes (2. SG)
4. Entsorgung des Sekundärnatriums und Abbau der Blendenverstelleinrichtung (3. SG)
5. Entsorgung des Primärnatriums und Abbau der Wechselmaschine (4. SG)
6. Abbau der Sekundärsysteme (5. SG)
7. Umstellung der E-Versorgung und Abriss von Gebäuden (6. SG)
8. Verbleibende Arbeiten zum Abbau der Primärsysteme (7. SG)
9. Abbau der Primärsysteme (8. SG)
10. Ausbau Reaktortank und Abbau biologischer Schild (9. SG)
11. Abbau Hilfssysteme, Freimessen und Abriss der restlichen Gebäude bis zur „grünen Wiese“ (10. SG)

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

## 2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Im Rahmen der 9. SG hat der Generalunternehmer die Montage der Einrichtungen in der Einhausung fortgesetzt. Die Lüftungsanlage wurde montiert. Die Montage der E- und Leittechnik läuft. Die Montage der Abschirmwände der Einhausung auf der +4,0 m Ebene wurde bis auf die Decke abgeschlossen. Die Deckenriegel können erst aufgelegt werden, wenn der Brückenkran eingebaut

ist. Dieser wird derzeit umgebaut (andere Energiekette). Für einige Hilfswerkzeuge wurden Abnahmen bei den Herstellern durchgeführt.

Die TÜV-Abnahmen des Zerlegewerkzeugs wurden abgeschlossen. Die Spanabsaugung wurde zwar an das Zerlegewerkzeug adaptiert, die Absaugung konnte aber nicht erfolgreich demonstriert werden, unter anderem wegen der Brückenbildung an den Spänen. Die Funktion und Durchführung der Absaugung muss noch nachgewiesen werden.

Mit der Umrüstung der Waschanlage auf die Bedürfnisse der 9. SG wurde begonnen. Die Bühne musste aufgrund von Lastabsturnachforderungen des Prüfstatikers nachträglich verstärkt werden, so dass es bei der Montage zu Verzügen gekommen ist. Die Komponenten sind bis auf wenige Ergänzungen alle im Herstellerwerk gefertigt und sollen ab Mitte März montiert werden.

Vor Beginn der Demontage des Reaktortanks müssen die Restmontagen fertig gestellt und die Inbetriebsetzungsprogramme durchgeführt werden. Danach wird im Beisein des TÜVs eine Kalte Inbetriebsetzung der Gesamteinrichtungen erfolgen.

Die Änderungsanzeige zur Rückholung der 7 Stück Kühlfallen von HDB mit anschließender Nachzerlegung bei KNK wurde fertig gestellt und dem UVM zur Prüfung übersandt.

Für die 2. Projektphase (Abbau der Primärabschirmung und des Biologischen Schildes) hatte der GU auf erhebliche technische Schwierigkeiten hingewiesen. Die technische Machbarkeit der Ausschreibung/des Angebots wurde daraufhin von KNK unter Berücksichtigung der heutigen Randbedingungen des Projekts überprüft. Das Ergebnis liegt vor. Für Anfang 2004 sind Gespräche geplant.

Die 9. Stilllegungsgenehmigung (Abbau Reaktortank, Primärabschirmung, Biologischer Schild) liegt mit Datum vom 6.3.01 vor. Der Antrag zur 10. und letzten Stilllegungsgenehmigung (Rückbau der Waschanlage, des Lüftungs- und Abwassersystems, Freimessung und Gebäudeabriss) wurde mit Datum vom 22.6.01 gestellt, allerdings wird der Sicherheitsbericht insbesondere wegen der Belange der neuen Strahlenschutzverordnung zurzeit noch einmal überarbeitet.

### 3. Geplante Weiterarbeit

9. SG (Demontage Reaktortank/Bioschild): Montage/Inbetriebsetzung Waschanlage, Lieferung Zerlegewerkzeug und Zellenkran, Montage Kran und Decke Einhausung, Montage E- und Leittechnik, Funktionsprüfung Lüftung, Nachweis Späne-Handling, Beginn Kalte Inbetriebsetzung; Klärung Vertrag bez. Abbau der Primärabschirmung und des Bioschildes.

10. SG: Revision Sicherheitsbericht.

Kühlfallen: Erteilung Genehmigung.

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

Hillebrand, I., Brockmann, K., Pfeifer, W.: Decommissioning of the Prototype Fast Breeder Reactor KNK in Germany. International Conference on Research Reactor Utilization, Safety, Decommissioning, Fuel and Waste Management, November 10-14, 2003, Santiago, Chile.

### 5. Kosten

|  |                      |
|--|----------------------|
| Kosten bisher (von 1992 bis 30.06.2003): | 195,0 Mio. €         |
| Kosten Berichtszeitraum:                 | 11,2 Mio. €          |
| Zukünftige Kosten:                       | 46,0 Mio. €          |
| Geldgeber:                               | Bund 90 %, Land 10 % |

|  |   |
|--|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe |   |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Stilllegung des Mehrzweck-Forschungsreaktors MZFR                |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>1985 bis 2009  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |
| <b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b><br>274,7 Mio. €   | <b>Projektleiter:</b><br>Frau Dipl.-Ing. Eisenmann    |

## 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

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

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

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

Die ersten 6 Schritte sind abgeschlossen.

## 2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Zur Durchführung des 7. Stilllegungsschritts (7. SG) wurde nach der Erteilung der Genehmigung am 7.1.1999 die Baustelle für die RDB- Zerlegung eingerichtet. Die stabförmigen Komponenten oberhalb und innerhalb des RDB sind entfernt. Die Trockenzerlegung Teil 1 (Zerlegung des RDB-Deckels) und Teil 2 (Oberer Füllkörper und Füllkörpertragring) sind abgeschlossen.

Der Zerlegebereich wurde dekontaminiert, die Vorbereitungen zum Einbau der Nasszerlegeeinrichtungen wurden fortgeführt. Der neue Zugang zum Reaktorraum oberhalb des RDB wurde fertiggestellt. Die Demontage der Mess- und Schnüffelleitungen auf dem Moderator tank ist fernhantiert erfolgt. Die ausgebauten Messleitungen werden bis zum fernbedienten Bergen auf dem Moderator tank zwischengelagert.

Im Rahmen der Nasszerlegung wurden die Arbeiten sowohl am Teststand bei VAK in Kahl als auch am Institut für Werkstoffkunde (IW) der Universität Hannover fortgesetzt. Bei IW wurde das

Konzept für eine fernbediente Brennerwechseleinrichtung (BWE) ausgearbeitet. Von einer Fertigung dieser Einrichtung wird nach Abwägung aller Vor- und Nachteile abgesehen. Der Wechsel der Modulbrennerköpfe wird fernhantiert erfolgen. Derzeit wird beim IW ein weiterer Unterwasertrennschleifer für den Einsatz bei der Nasszerlegung erprobt.

Die neu implementierte OSA 3-NC-Steuerung und die hierfür erforderliche Anpassung der Anwendersoftware ist erfolgt. Die bisherigen Erprobungen im Teststand zeigen wesentliche Verbesserungen hinsichtlich Bedienerfreundlichkeit und Verkürzung der „Teachzeiten“ (Zeit für Schneidbahnberechnung). Das implementierte elektronische Betriebsdatenerfassungssystem (BDE) im Teststand hat zu einer weiteren Verbesserung der Zerletechnik beigetragen.

Nachdem die laufenden Erprobungen gezeigt haben, dass der inzwischen technisch optimierte Modulbrenner mit geringem Kraftaufwand ausgewechselt werden kann, wurde nach Prüfung der technischen und radiologischen Randbedingungen von der Fertigung der fernbedienten Brennerwechseleinrichtung abgesehen. Der Wechsel der Modulbrennerköpfe erfolgt fernhantiert. Alle Geräte und Einrichtungen der Nasszerlegung sind inzwischen verifiziert. Weitere Einrichtungen zur Verbesserung der sicheren Handhabung der Zerlegekomponenten befinden sich derzeit in der Erprobung.

Die Planungen des letzten Schrittes der 7.SG, die Trockenzerlegung Teil 3, der die Zerlegung des Reaktordruckgefäßes beinhaltet, wurden weiter detailliert. Erkenntnisse aus dem Zerlegebetrieb Gundremmingen sollen hierbei, soweit vergleichbar, berücksichtigt werden.

Für den 8. Stilllegungsschritt (8. SG) ist der Antrag gestellt und das Genehmigungsverfahren initiiert. Die Revision 1 der Antragsunterlagen der 8. SG, die insbesondere die Grundsätze der neuen Strahlenschutzverordnung berücksichtigt, wurde mit dem Gutachter besprochen und die Ergebnisse in eine zweite Revision eingearbeitet. Diese Unterlagen wurden bei der Behörde eingereicht.

Die Prüfung einer Möglichkeit auf Vorziehen von Rückbaumaßnahmen wird fortgesetzt. Die Planungen zum Rückbau des Beckenhauses sind fortgeschritten. Die Leistungsbeschreibungen für die Einrichtungen zum Rückbau des aktivierten Teils des biologischen Schildes laufen weiterhin parallel zur Begutachtung des Antrages zur 8.SG.

### 3. Geplante Weiterarbeit

7. SG: Fernhantierte Demontage der Messleitungen, Umbau Kran; Personalschulung und Fortsetzung Erprobungsprogramm am VAK-Teststand, Abnahme und Abbau des VAK-Teststands mit anschließender Montage der Zerlegeeinrichtungen am MZFR.

8. SG: Gutachten, Erhalt Genehmigung.

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

keine

### 5. Kosten

|  |              |
|--|--------------|
| Kosten bisher (von 1985 bis 30.06.2003): | 201,9 Mio. € |
| Kosten Berichtszeitraum:                 | 10,1 Mio. €  |
| Zukünftige Kosten:                       | 62,7 Mio. €  |
| Geldgeber:                               | Bund 100 %   |

|   |  |
|---|--|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe      |  |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Stilllegung und Rückbau der Wiederaufbereitungsanlage Karlsruhe (WAK) |  |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>31.07.1991 bis 30.06.2010   | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003                |
| <b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b><br>1.630 Mio. €  | <b>Projektleiter:</b><br>Dr. Katzenmeier (Rückb.); Dr. Fleisch (VEK) |

## 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

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

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

Als Voraussetzung zur Durchführung des Rückbaus der HAWC-Lager muss der noch in der LAVA lagernde HAWC entsorgt werden. Zur Beseitigung dieses flüssigen Abfalls (ca. 60 m<sup>3</sup> mit einem Aktivitätsinventar von  $9 \cdot 10^{17}$  Bq) wird vor Ort die Verglasungseinrichtung Karlsruhe (VEK) errichtet.

## 2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Im Projekt Rückbau WAK wurde die manuelle Demontage der Kabeltrassen in Zellen und Betriebsräumen fortgesetzt; im Laboranbau wurde der Großteil des Lüftungssystems demontiert. Schwerpunkt der Arbeiten war das „trockene“ Seilsägen von bisher 60 schweren Betondurchführungen mit kontaminierten Rohrleitungen. Große Fortschritte in der Dekontamination wurden bei der Wandabtragung mittels eines maschinengeführten Wand-Shavers erzielt. Etliche Teile der Gewerke zum Bau des



HWL-Anbaus Süd (zur Erschließung des HAWC-Lagers HWL) wurden vergeben. Die Freigabeprozedur für die Ausgliederung von Gebäudeteilen im Vorhaben „Erweiterung LAVA-Sozialtrakt“ wurde unter Berücksichtigung der neuen Strahlenschutzverordnung erfolgreich durchgeführt; danach wurde mit dem Rohbau des neuen Kontrollbereichszugangs begonnen. Die Arbeiten zur Auslagerung von Emissionsüberwachung, Analytik und Strahlenschutz aus dem Prozessgebäude werden fortgesetzt. Am MZFR wurden erste Tests der bereits gelieferten Fernhantierungsgeräte für den späteren Rückbau der HAWC-Läger durchgeführt.

Die Montage aller Gewerke im Gebäude der VEK wurde fortgesetzt. In der Übernahmestelle konnte nach dem Einbau aller Behälter mit der Rohrleitungsmontage begonnen werden. Der Zellenkran wurde installiert. Die Lüftungsanlage ist fertig gestellt und wurde provisorisch in Betrieb genommen, die Anbindung der Stromversorgung an die neue Energieversorgungszentrale (EVZ-3) wurde hergestellt. Für die erste Teilbetriebsgenehmigung wurden alle Unterlagen eingereicht. Der erste Transport- und Lagerbehälter vom Typ Castor HAW 20/28 wurde abgenommen.

### 3. Geplante Weiterarbeit

#### *WAK-Rückbau:*

3. Schritt: Restdemontage und Dekontamination EG/1.OG/2.OG, Freimessung Waste-Brücke; Wandabtrag und Sägen der Beton-Durchführungsblöcke EG/1.OG/2.OG, Abtrennung Liner; Erweiterung LAVA-Sozialtrakt: Errichtung Rohbau und Ausbau; Auslagerung Emissionsüberwachung und Strahlenschutz: Aufbau und Inbetriebnahme Container Strahlenschutz und Prozessgebäude-Emissionsüberwachung. Schritt 5: Genehmigung/Vergaben HWL-Anbau Süd, Antrag Demontage HAWC-Behälter; Demontage Behälter ELMA, Ausrüstung ELMA für Erprobung und Geräteerprobung.

#### *VEK:*

Antragsunterlagen für 1. u. 2. Teilbetriebsgenehmigung: Betriebliche Regelungen; Fortsetzung Vorprüfung Maschinen-, Verfahrens-, Elektro-, Leit- und Lüftungstechnik; Fertigung und Montage: Kokillenhubwagen, Rohrhalterungen, Gebläse, Pumpen, etc. Inbetriebsetzung: Funktionsprüfprogramme; Zwischenlagerung: Antrag Transportbereitstellung.

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

keine

### 5. Kosten

|  |  |
|--|--|
| Kosten bisher (von 01.07.1991 bis 30.06.2003): | 921,2 Mio. €                                       |
| Kosten Berichtszeitraum:                       | 61,4 Mio. €  |
| Zukünftige Kosten:                             | 646,9 Mio. €                                       |
| Geldgeber:                                     | WAK-Fonds 100 %,<br>danach Bund 91,8 %, Land 8,2 % |



## **1.2 THTR 300**

|  |   |
|--|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Hochtemperatur-Kernkraftwerk GmbH, Hammer Straße 2, 59368 Werne |   |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Geordnete Restabwicklung des Projektes THTR 300                |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>1997 bis 2009  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.01.2003 bis 31.12.2003 |
| <b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b><br>94,5 Mio. €  | <b>Projektleiter:</b><br>Dr. G. Dietrich              |

### 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die Anlage THTR 300 war als Prototyp für Kernkraftwerke mit Kugelhaufen-Hochtemperaturreaktor errichtet worden. Sie war ein mit Helium gekühlter grafitmoderierter Reaktor mit kugelförmigen keramischen Betriebs-elementen. Es handelte sich um eine Zweikreisanlage, bestehend aus einem Helium-Primärkühlkreislauf mit nachgeschaltetem Wasserdampfkreislauf und trockener Rückkühlung. Zum 1. September 1989 wurde der Beschluss zur Stilllegung der Anlage und Überführung in den sicheren Einschluss gefasst. In der Zeit von September 1989 bis September 1997 wurde das Genehmigungsverfahren zur Stilllegung, die Reaktorkernentladung und die Herstellung des sicheren Einschlusses durchgeführt. Zum 01.10.1997 wurde der Erhaltungsbetrieb der sicher eingeschlossenen Anlage THTR 300 aufgenommen.

Die sicher eingeschlossene Anlage THTR 300 besteht noch aus den Gebäuden

- Reaktorhalle
- Reaktorbetriebsgebäude
- Reaktorhilfsgebäude

mit den darin vorhandenen Anlagenteilen sowie

- dem Meldepult, aufgestellt beim Hauptpförtner des benachbarten Kraftwerkes Westfalen der RWE Power AG
- den Übertragungswegen für leittechnische Signale von den Gebäuden der sicher eingeschlossenen Anlage zum Meldepult
- der Tiefendrainage im Erdreich, außen um die Gebäude verlegt
- dem temporär einzurichtenden Umladebereich außerhalb der Gebäude für die Umladung von Transport- und Lagerbehältern

Alle übrigen baulichen Anlagen und Anlagenteile des Kernkraftwerkes THTR 300 wie das Maschinenhaus, das Elektroanlagegebäude, die Notstromdieselanlage, die Trafoanlagen, die Zellenkühltürme, die über- und unterirdischen Verbindungen u.s.w. wurden aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen. Die Brennelemente sind aus der Anlage THTR 300 abtransportiert worden. Lediglich innerhalb des Spannbetonreaktordruckbehälters befindet sich noch ein durch Entladung technisch nicht entfernbare Rest von < 2,5 kg.

Es bestehen keine Anforderungen mehr auf Grund der nuklearen Sicherheit, des Reaktorbetriebes oder des Umganges mit Kernbrennstoffen. Alle während des Leistungsversuchsbetriebes druck- und aktivitätsführenden Anlagenteile sind drucklos, kalt und dauerhaft verschlossen, so dass auf Grund von betriebs- oder verfahrenstechnischen Bedingungen praktisch keine Möglichkeit mehr für eine Freisetzung radioaktiver Stoffe besteht. Da der Reaktorkern leer ist und die Brennelemente vom Standort entfernt sind, ist insbesondere Kritikalität ausgeschlossen. Die Rückhaltung radioaktiver Stoffe geschieht weitgehend passiv als sicherer Einschluss. Auch sind keine Sofortmaßnahmen mehr erforderlich, um die Rückhaltung radioaktiver Stoffe in der Anlage sicherzustellen.

Die Dauer des sicheren Einschlusses ist zunächst für 30 Jahre vorgesehen. 10 Jahre vorher ist die Entscheidung zu fällen, ob der sichere Einschluss vorgesetzt wird oder die sicher eingeschlossene Anlage THTR 300 entgültig beseitigt werden soll. Im Erhaltungsbetrieb werden Einrichtungen betrieben, die der Erhaltung und Überwachung des sicheren Einschlusses dienen. Er umfasst ständige und nichtständige Tätigkeiten und Maßnahmen.

Ständige Tätigkeiten oder Maßnahmen sind:

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

Nichtständige Tätigkeiten oder Maßnahmen sind:

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

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

## 2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Das Berichtsjahr 2003 ist für die sicher eingeschlossene Anlage THTR 300:

das 14. Jahr nach der Abschaltung

das 8. Jahr nach der Beendigung der Entladung des Reaktorkerns

das 6. 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 2003 war kein meldepflichtiges Ereignis zu verzeichnen.

2003 fiel in der sicher eingeschlossenen Anlage kein zu entsorgendes Abwasser an und somit trat auch keine Aktivitätsabgabe in die Umgebung über diesen Pfad ein. Die Aktivitätsableitungen mit der Fortluft sind im Vergleich mit dem Vorjahr praktisch konstant. Die genehmigten Ableitungsgrenzwerte wurden weit unterschritten.

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

Aus dem Überwachungsbereich wurden 20 Druckluftspeicher ausgebaut, freigemessen und einer konventionellen Weiternutzung zugeführt. Darüber hinaus konnte eine Durchflussmessblende einer Hochschule für wissenschaftliche Zwecke zur Verfügung gestellt werden.

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

## 3. Geplante Weiterarbeit

Für die kommenden Jahre sind weitere Ausbaumaßnahmen von Anlagenteilen, die für den Erhaltungsbetrieb oder für den späteren Abbau der Anlage THTR 300 nicht erforderlich sind, vorgesehen. Dies betrifft u. a. die Kälteanlagen, Armaturen, Pumpen, Motore und Messumformer. Teile des Geländes werden für eine anderweitige konventionelle Nutzung vorgesehen, sofern diese Aktivitäten rückwirkungsfrei auf die sicher eingeschlossene Anlage sind.

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

keine

## 5. Kosten

Restmittel für die Projektlaufzeit:

67 Mio. €

Geldgeber:

Bund, Land NRW, Gesellschafter der HKG



### **1.3 SchachtanlageASSE**

|   |   |
|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH,<br>Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg |   |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Fortsetzung der Verfüllung der Südflanke der Schachtanlage Asse                                     |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>1993 bis 2009   | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |
| <b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b><br>147,791 Mio. €  | <b>Projektleiter:</b><br>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.

Darüber hinaus wird als Voraussetzung für die endgültige Schließung der Schachtanlage Asse ein Sicherheitsbericht mit Langzeitsicherheitsnachweis erarbeitet, der zusammen mit dem Abschlussbetriebsplan beim Landesbergamt Clausthal-Zellerfeld einzureichen ist.

Grundlage der Arbeiten bildet die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung bewilligte Baumaßnahme „Fortsetzung der Verfüllung der Südflanke der Schachtanlage Asse“, die letztmalig durch einen 3. Nachtrag im Juli 2000, aktualisiert wurde.

Diese Baumaßnahme untergliedert sich in 10 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“, Pkt. 2.1



## 2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Die Teile 1 bis 5 der Baumaßnahme sind abgeschlossen.

Im Rahmen der Durchführung der Verfüllmaßnahme (Teil 6) wurden bislang rund 2.137.000 t Versatzmaterial in die Abbaue der Südflanke eingebracht. Sämtliche Abbaukammern zwischen der 532- und 700-m-Sohle sind mittlerweile komplett verfüllt. Im Berichtszeitraum wurden etwa 128.000 t Haldenmaterial in den Abbau 6 der 532-m-Sohle, in die Abbaue 4-6 und 9 der 511-m-Sohle sowie in die Abbaue 7-9 der 490-m-Sohle gefördert. Das parallel zur Verfüllmaßnahme laufende Überwachungsprogramm – bestehend aus Extensometer-, Inklinometer-, Lage- und Spannungsmessungen sowie geophysikalischen Überwachungen – zur Ermittlung der Auswirkungen dieser gebirgsmechanischen Stabilisierungsmaßnahme wurde routinemäßig fortgesetzt.

Die Überwachung der Baumaßnahme im Rahmen der Bauleitung (Teil 8) wurde im Berichtszeitraum weiterhin wahrgenommen. Darüber hinaus wurde ein 4. Nachtrag zur Haushaltsunterlage erstellt und im November 2003 der Oberfinanzdirektion zur verwaltungsmäßigen und rechnerischen Prüfung vorgelegt. Im Zuge dieser Aktualisierung wurde die Baumaßnahme um die Arbeitspakete erweitert, die für eine komplette Schließung der Schachanlage Asse noch erforderlich sind.

Die Arbeiten zur Gewährleistung der Sicherheit für den Standort der Schachanlage Asse während der Betriebsphase (Teil 9A) sind abgeschlossen.

Die Arbeiten als Voraussetzung zur Erstellung des Langzeitsicherheitsnachweises für die Schachanlage Asse (Teil 9B) wurden im Berichtszeitraum fortgeführt.

Im Rahmen des Teiles 10 wurde auf der 775-m-Sohle eine Prototyp-Strömungsbarriere aus Sorelbeton zur Erprobung der technischen Machbarkeit errichtet. Im Berichtszeitraum erfolgten umfangreiche Bohrarbeiten zur Kerngewinnung, Laboruntersuchungen an den Bohrkernen sowie Permeabilitäts- und Hydrofractmessungen in den Messbohrungen, um die an die Barriere und deren Baustoff gestellten Anforderungen überprüfen zu können. Im Anschluss an den Eignungsnachweis ist der umfassende Bau von Strömungsbarrieren im Umfeld der Lagerkammern für radioaktive Abfälle vorgesehen.

## 3. Geplante Weiterarbeit

- Teil 6: Restarbeiten im Rahmen der Versatzeinbringung in die Abbaue der Südflanke und Überwachung der Verfüllmaßnahme
- Teil 8: Wahrnehmung der Überwachung der Baumaßnahme im Rahmen der Bauleitung
- Teil 9B: Erstellung des Sicherheitsberichtes mit Langzeitsicherheitsnachweis für die Schachanlage Asse
- Teil 10: Vorbereitende Arbeiten zum Bau von Strömungsbarrieren im Umfeld der Lagerkammern für radioaktive Abfälle

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

keine

## 5. Kosten

|                                       |                |
|---------------------------------------|----------------|
| Kosten bisher (von 1993 bis 12/2003): | 113.302 Mio. € |
| Kosten Berichtszeitraum:              | 9.567 Mio. €   |
| Zukünftige Kosten:                    | 34.489 Mio. €  |
| Geldgeber:                            | Bund 100 %     |



## **1.4 TRIGA Heidelberg II**

|  |   |
|--|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Deutsches Krebsforschungszentrum, Postfach 10 19 49, 69009 Heidelberg |   |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Stilllegung des Forschungsreaktors TRIGA HD II                       |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>2000 bis 2005  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |
| <b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b><br>11 Mio. €  | <b>Projektleiter:</b><br>Frau Dr. B. Jünger-Gräf      |

### 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

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

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

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

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

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

## 2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

- 2.1 Die Unterlagen für den Antrag auf Genehmigung der Stilllegung des Forschungsreaktors TRIGA Heidelberg nach § 7, 3 wurden dem Gutachter und der Behörde im Juli 2003 übergeben. Letzte Änderungswünsche des Gutachters wurden im Oktober eingearbeitet.
- 2.2 Dem Antrag auf Übernahme der radioaktiven Abfälle durch die Landessammelstelle Baden-Württemberg wurde auch durch das Finanzministerium Baden-Württemberg zugestimmt, so dass in Kurze die Genehmigung erwartet wird. (Das Land forderte eine Übernahmeerklärung für - durch eventuell künftig notwendige Umkonditionierungsmaßnahmen - entstehende Kosten, falls 2030 oder später ein anderes Endlager als KONRAD vorliegt. Diese Erklärung wurde vom DKFZ gegeben.)
- 2.3 Unterlagen für einen Antrag auf eine standardisierte Freigabe nach § 29 StrlSchV wird z. Z. erstellt.
- 2.3 Begleitende Antragsunterlagen, wie z.B. Betriebshandbuch, Ablaufpläne etc. wurden aktualisiert bzw. erstellt.
- 2.4 Zum Euratom-Bericht nach Artikel 37 EU-Verordnung (Auswirkungen der Rückbaumaßnahmen auf europäische Nachbarstaaten) wurden auf Anforderung von europäischen Nachbarn über das BfS bzw. das BMU einige Erläuterungen gegeben und offene Fragen beantwortet.
- 2.5 Die Änderungsanzeige 40/03 über die vorbereitenden Baumaßnahmen wurde genehmigt, die Durchführung (Bau der Schleusen, Anpassung des Zugangs zum Rückbaubereich, Andockstation außen) begann Anfang November.

## 3. Geplante Weiterarbeit

- Erstellung von Unterlagen für eine standardisierte Freigabe nach § 29 StrSchV
- Die Zustimmung durch Euratom (s. oben) wird für Anfang 2004 erwartet.
- Baumaßnahmen an den Schleusen, am Zugang zum Rückbaubereich und an der Andockstation außen werden Anfang 2004 abgeschlossen sein. Anschließend erfolgt die Trennung der Lüftung.
- Der Eingang der Stilllegungsgenehmigung wird für Ende Januar 2004 erwartet (3 Monate Verzögerung)

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

keine

## 5. Kosten

|                          |                      |
|--------------------------|----------------------|
| Kosten bisher:           | 9,1 Mio. DM          |
| Kosten Berichtszeitraum: | -----                |
| Zukünftige Kosten:       | ca. 12 Mio. DM       |
| Geldgeber:               | Bund 90 %, Land 10 % |



## **1.5 Projekt MAREN bei GKSS**

|   |   |
|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Postfach 11 60, 21494 Geesthacht |   |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Entsorgung radioaktiver Reststoffe (Projekt MAREN-1)                    |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>2002 bis 2009   | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |
| <b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b><br>38,9 Mio. €   | <b>Projektleiter:</b><br>K. Schmidt                   |

### 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 zählenden Arbeitspakete gliedern sich in die 3 Gruppen:

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



## 2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Während des Berichtszeitraumes lag der Schwerpunkt bei folgenden Arbeiten:

- **Konditionierung von Fassgebinden und Filterkassetten (LAW, 221, 231)**  
Bei FZK/HDB wurden seit Juli 03 alle 368 FRG-Fässer sortiert und eine Teilmenge davon in Paketiertrommeln sowie 184 Stck. Filterkassetten verpresst. Die 338 Fässer mit OHA-Abfällen gelangten bisher tw. zur Sortierung. Die Arbeiten werden zügig und sachgerecht abgewickelt.
- **FRG flüssige Abfälle (236)**  
Abtransport von 80 m<sup>3</sup> Abwasser zur Fremdkonditionierung. Für die in der Diskussion befindliche Anlage zur Eigenkonditionierung (3-Stufen-Umkehrosiose-Verfahren) wird derzeit das technische Konzept durch die Sachverständigen überprüft.
- **Aufarbeitung bestrahlter OH-Versuchsbrennstäbe (223)**  
Gespräche mit dem Ziel, vertragliche Regelungen herbeizuführen, dauern an. Branchenspezifische Gründe politischer, wirtschaftlicher und rechtlicher Natur gestalten den Ablauf unverändert schwierig.
- **Längerfristige Zwischenlagerung**  
Abwicklung notwendiger Wartungs- und Infrastrukturmaßnahmen (Manipulatorarm Heißes Labor, Freimessanlage, Fasstrockner etc), Implementierung des Programms AVK / MOPRO, zugehörige Sachverständigentätigkeiten.

## 3. Geplante Weiterarbeit

Konditionierung feste LAW (221, 231): Fortführung der Arbeiten bei HDB;

Abwasser-Eigenkonditionierung: Konzeptabklärung und Entscheidung zum Vorgehen;

Aufarbeitung OH-Brennstäbe (223): Abschluss vertraglicher Vereinbarungen;

Längerfristige Zwischenlagerung: Bereitstellung erforderlicher Infrastrukturmaßnahmen, Gewährleistung der sicheren Zwischenlagerung.

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

keine

## 5. Kosten

|                               |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| Kosten bisher (seit 01/2002): | 9,1 Mio. €             |
| Kosten Berichtszeitraum:      | 2,9 Mio. €             |
| Zukünftige Kosten:            | 30,4 Mio. €            |
| Geldgeber:                    | Bund 90 %, Länder 10 % |



## 2 FuE-Vorhaben „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“

### 2.1 Fördervorhaben

|                  |   |  |      |
|------------------|---|--|------|
| <b>02 S 7900</b> | Verbundprojekt: Kontaminierter Beton: Betonfreigabe – Betonrezyklierung   | <b>Brenk Systemplanung, Aachen</b>                                 | 📖 38 |
| <b>02 S 7910</b> | Verbundprojekt: Kontaminierter Beton: Rückbau kerntechnischer Anlagen - Eindringen von Radionukliden in Betonoberflächen und Freisetzung eingedrungener Aktivität aus Bauschutt und Beton             | <b>Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH)</b>                  | 📖 40 |
| <b>02 S 7951</b> | Entsorgung von Beryllium / Berylliumoxid und Cadmium aus Forschungsreaktoren  | <b>TU München</b>  | 📖 42 |
| <b>02 S 7991</b> | Entwicklung emissionsarmer und kostengünstiger Verfahrens- und Handhabungstechniken für Dekontaminations- und Abtragverfahren   | <b>Universität Hannover</b>  | 📖 44 |
| <b>02 S 8001</b> | Sonderaufgaben zur Schließung der Schachtanlage Asse: Dokumentation und Archivierung von FE-Unterlagen  | <b>GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg</b> | 📖 46 |
| <b>02 S 8011</b> | Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen. Weiterführende Untersuchungen (FORM III)   | <b>Siempelkamp, Krefeld</b>  | 📖 48 |
| <b>02 S 8021</b> | Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen -Abschließende Untersuchungen (EBER III)-   | <b>BAM, Berlin</b>   | 📖 50 |
| <b>02 S 8031</b> | Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation  | <b>Brenk Systemplanung, Aachen</b>                                 | 📖 52 |
| <b>02 S 8041</b> | Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation  | <b>Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Krefeld</b>                    | 📖 54 |
| <b>02 S 8051</b> | Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation  | <b>Wismut GmbH, Chemnitz</b>                                       | 📖 56 |
| <b>02 S 8061</b> | Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation  | <b>Forschungszentrum Jülich</b>                                    | 📖 58 |
| <b>02 S 8071</b> | Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation  | <b>Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen</b>         | 📖 60 |
| <b>02 S 8081</b> | Verbundprojekt: Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen | <b>TU München</b>  | 📖 62 |

|                  |   |   |      |
|------------------|---|---|------|
| <b>02 S 8091</b> | Verbundprojekt: Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen | <b>FZ Jülich</b>  | 📖 64 |
| <b>02 S 8102</b> | Erweiterung der Einsatzgrenzen modularer Schneidtechnologien für den kostengünstigen Rückbau kerntechnischer Anlagen, EMOS  | <b>Universität Hannover</b>                                 | 📖 66 |
| <b>02 S 8112</b> | Abdichtung von Wegsamkeiten in Salzformationen mit kristallisierenden Evaporitmaterialien (AISKRIS-TALL)  | <b>DBE Technology GmbH, Peine</b>                           | 📖 68 |
| <b>02 S 8122</b> | Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung  | <b>TU Dresden</b>   | 📖 70 |
| <b>02 S 8142</b> | Selektive Tritium-Extraktion aus Wasser und Bindung auf einen Träger  | <b>TU München</b>   | 📖 72 |
| <b>02 S 8152</b> | Messmethoden zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle und zur Freimessung von Reststoffen aus der Stilllegung kerntechnischer Anlagen (MESRAB)  | <b>Rheinisch-Westfälische TH Aachen</b>                     | 📖 74 |
| <b>02 S 8162</b> | Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung  | <b>Laserinstitut Mittelsachsen e.V., Mittweida</b>          | 📖 76 |
| <b>02 S 8172</b> | Entwicklung eines Konditionierungsverfahrens für Kernbrennstoffe aus dem Siemens-Unterrichts-Reaktor (SUR)  | <b>STEAG encotec GmbH, Essen</b>                            | 📖 78 |
| <b>02 S 8182</b> | Untersuchungen zur Strahlenschutz-Vorsorge für radionuklidbelastetes Substrat: Mikrobieller Beitrag zur Bioakkumulation aus Bauschutt   | <b>Friedrich-Schiller-Universität, Jena</b>                 | 📖 80 |
| <b>02 S 8192</b> | Workshop „Radiation Research – Science for the future“ - <b>Strahlenforschung</b>   | <b>Justus-Liebig-Universität Gießen</b>                     | 📖 82 |
| <b>02 S 8132</b> | Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung - <b>Strahlenforschung</b>  | <b>Universität des Saarlandes</b>                           | 📖 84 |
| <b>02 S 8203</b> | Genetische Wirkung dicht ionisierender Strahlen - <b>Strahlenforschung</b>  | <b>Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Darmstadt</b> | 📖 86 |
| <b>02 S 8213</b> | Mechanismen der Zytotoxizität durch Alpha-Strahlung in humanen normalen und malignen hämatopoetischen Zellen - <b>Strahlenforschung</b>   | <b>Universitätsklinikum Düsseldorf</b>                      | 📖 88 |
| <b>02 S 8223</b> | Inaktivierung von Mdm2 nach ionisierender Strahlung – Aufklärung der Signaltransduktionskette - <b>Strahlenforschung</b>  | <b>Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH)</b>           | 📖 90 |

## **2.2 Formalisierte Zwischenberichte**

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Brenk Systemplanung GmbH, Heider-Hof-Weg 23,<br>52035 Aachen          |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 7900</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Verbundprojekt: Kontaminierter Beton: Betonfreigabe - Betonrecycling |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen                    |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.09.2000 bis 30.06.2004  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>383.302,23 EUR   | <b>Projektleiter:</b><br>Dr. Deissmann                |   |

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Bauschutt bzw. Gebäudemassen bilden den massereichsten Stoffstrom beim Rückbau kerntechnischer Anlagen. Für die Freigabe ist die Kenntnis des Eindring- und des Freisetzungsverhaltens von Radionukliden in bzw. aus Baustoffen relevant. Dieses Vorhaben verfolgt daher 5 Ziele:

- 1) experimentelle Untersuchung des Eindringverhaltens ausgewählter Radionuklide in Betonoberflächen;
- 2) experimentelle Ermittlung der Radionuklidverteilung an Zementsteinphasen und Zuschlag;
- 3) experimentelle Untersuchung zur Wiederverwertung von Beton mittels Elutionsversuchen;
- 4) modellmäßige Untersuchung zur Ermittlung des Freisetzungsverhaltens von Radionukliden aus Bauschutt;
- 5) Einbeziehung von Ergebnissen experimenteller Untersuchungen zur Freisetzung von H-3 aus Beton.

Die Ziele 4) i.V.m. 5) erlauben die wesentliche Verbesserung von radiologischen Modellen und radiologischen Bewertungen, insbesondere bzgl. der oft restriktiven Wasserpfade.

Das Vorhaben führen Brenk Systemplanung (Vorhabensziele 4 und 5) und das Inst. f. Massivbau und Baustofftechnologie, Abt. Baustofftechnologie, der Universität Karlsruhe (Vorhabensziele 1 bis 3, Vorhaben FKZ 02 S 7910) als Verbundvorhaben durch.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

### **AP IV/1:** Auswahl der zu betrachtenden Radionuklide

Auswahl von Radionukliden, die typische (längerlebige) Leitnuklide bzw. sonst relevante Nuklide in kerntechnischen Anlagen (Kernkraftwerken und Anlagen des Brennstoffkreislaufs) darstellen und für die eine radiologische Relevanz bzgl. der Ausbreitung über Wasserpfade besteht.

### **AP IV/2:** Recherche, Zusammenstellung und Auswertung der benötigten Ausgangsdaten und Informationen

Grundlage für realistischere generische Beurteilung der Freisetzung von Schadstoffen aus kontaminierten Betonmaterialien ist aussagekräftige Datenbasis zur Charakterisierung der anfallenden Betonarten sowie der zu berücksichtigenden physikalisch-chemischen Umgebungs- bzw. Randbedingungen.

### **AP IV/3:** Identifizierung und Diskussion relevanter Betonersatzungs- und Schadstofffreisetzungprozesse

Auf Basis von AP IV/2 werden für die verschiedenen Betonmaterialien bzw. Betonmaterialklassen relevante Betonersatzungs- und Schadstofffreisetzungprozesse unter Berücksichtigung der möglichen Entsorgungs- bzw. Verwertungsoptionen und der zu erwartenden Milieubedingungen identifiziert, charakterisiert und diskutiert.

### **AP IV/4:** Erarbeitung von Modellansätzen zur realistischen Beschreibung relevanter Betonersatzungs- und Schadstofffreisetzungprozesse

Aufbauend auf der Datenrecherche werden für die relevanten Betonzersetzungs- und Schadstoffmobilisierungsprozesse geeignete Beschreibungs- bzw. Modellansätze abgeleitet und validiert, die eine realistischere Abschätzung des Schadstoffaustrages aus radioaktiv kontaminierten Betonmaterialien in Abhängigkeit der zu erwartenden physikalisch-chemischen Milieu- und Randbedingungen gestatten.

**AP IV/5: Durchführung realistischer Modellrechnungen zur Betonzersetzung und Schadstofffreisetzung**

Auf Basis der zuvor erarbeiteten Modellansätze gemäß AP IV/4 werden Modellrechnungen zur realistischen Abschätzung der Freisetzung von radioaktiven Kontaminanten aus Betonmaterialien in Abhängigkeit der zu erwartenden physikalisch-chemischen Milieu- und Randbedingungen durchgeführt und anhand der zur Verfügung stehenden Daten- und Informationsbasis validiert.

**AP IV/6: Realistische Abschätzung der resultierenden Dosisbelastung**

Ausgehend von den durchgeführten Modellrechnungen zum Schadstoffaustrag werden realistischere Abschätzungen zu den resultierenden Dosisbelastungen durch Radionuklide über den Wasserpfad für die in diesem Zusammenhang einschlägigen Szenarien hinsichtlich der hier betrachteten Zielsetzung durchgeführt.

**AP IV/7: Ergebnisdiskussion und Folgerungen hinsichtl. Rückbau kerntechnischer Anlagen**

Darstellung und Erläuterung der realistischen Abschätzungen bzw. Modellierungen und der bisherigen konservativen Abschätzungen bzw. Modellierungen sowie Vergleich hierzu. Erarbeitung von Empfehlungen hinsichtlich des Vorgehens beim Rückbau kerntechnischer Anlagen.

**AP V: Koordination des Vorhabens**

### **3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

Der Schwerpunkt der im Berichtszeitraum durchgeführten Arbeiten lag in der Weiterführung der Modellierungsarbeiten zur realitätsnahen Abschätzung der Freisetzung radioaktiver Kontaminanten aus Beton unter Berücksichtigung relevanter Freigabeszenarien. In diesem Zusammenhang wurden insbesondere die für die probabilistische Modellierung der Nuklidfreisetzung abgeleiteten Parametersätze (Verteilungen) zu den relevanten Freisetzungs-/ Transportparametern auf weitere Nuklide ausgedehnt und versucht, anhand vorliegender Daten und Modellierungsergebnisse die abgeschätzten Freisetzungparameter weiter zu optimieren und zu validieren. Zudem erfolgte die Durchführung deterministischen Quellterm- und Dosisabschätzungen (i.w. Screeninganalysen) für weitere Radionuklide (insb. Aktinide) für verschiedene Entsorgungs-/Verwertungsoptionen (u.a. Deponierung, Baugrubenverfüllung, Verwertung von Recyclingschotter).

Des Weiteren wurden die Zuarbeiten zu 02S 7910 hinsichtlich der Beschaffung kontaminierter Betonproben aus kerntechnischen Anlagen fortgesetzt.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Weiterführung der Arbeiten mit Schwerpunkt AP IV/5, AP IV/6 und AP IV/7 unter Berücksichtigung der weiteren Ergebnisse aus 02S 7910.

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

Bath, A., Deissmann, G., Jefferis, S. (2003): Radioactive contamination of concrete: Uptake and release of radionuclides. Proceedings of ICEM '03: The 9th International Conference on Radioactive Waste Management and Environmental Remediation. September 21-25, 2003, Oxford, England.

Thierfeldt, S., Wörlen, S., Deissmann, G. (2003): Clearance levels in Germany – How do we know they are right? Proceedings of ICEM '03: The 9th International Conference on Radioactive Waste Management and Environmental Remediation. September 21-25, 2003, Oxford, England.

Deissmann, G., Bath, A. (2003): Evaluation of radionuclide solubility in the pore solution of contaminated concrete from nuclear installations. Beih. European Journal of Mineralogy, 14: 40.

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), Kaiserstraße 12,<br>76128 Karlsruhe  |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 7910</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Verbundprojekt: Kontaminierter Beton: Rückbau kerntechnischer Anlagen - Eindringen von Radionukliden in Betonoberflächen und Freisetzung eingedrungener Aktivität aus Bauschutt und Beton |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen   |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.09.2000 bis 29.02.2004   | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>711.300,57 EUR  | <b>Projektleiter:</b><br>Prof. Dr.-Ing. Müller        |   |

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Forschungsprojekt ist in 4 Arbeitspakete (AP) gegliedert:

AP I: Eindringverhalten von Radionukliden in Betonoberflächen

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

AP III: Wiederverwertung von Abbruchbeton

AP IV: Freisetzungverhalten von Radionukliden aus Bauschutt

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP I:

- Beendigung der Diffusionsversuche (I, Cs, Sr und Co) mit Beton der Festigkeitsklasse C30/37 und Zementstein. Gegenwärtig erfolgt die Nachuntersuchung an den Festkörpern sowie die Auswertung dieser Versuche.
- Durchführung von Versuchen zum kapillaren Saugen mit Am-241 und I-131. Die Erstellung der Tiefenprofile befindet sich in Bearbeitung. Gegenwärtig erfolgen Diffusionsversuche mit I-131 in Beton und Zementstein.



- Herstellung und Vorbereitung von Betonkörpern der Festigkeitsklasse C20/25 für Versuche analog denjenigen des Betons C30/37 und des Zementsteins.

#### AP II:

- Mikrosondenuntersuchungen zur Nuklidverteilung (I, Cs, Sr und Co) an den verschiedenen Zementsteinphasen von flaschenhydratisierten Zementsteinproben. Größere Kobaltpeaks über kleine, diskrete Areale weisen auf die Bildung einer eigenen Phase hin. Offensichtlich keine Isomorphie für Co in den ZS-Phasen.

#### AP III:

- Beginn der Auslaugversuche von Betonkörpern C30/37 (nach kapillarem Saugen von Co, Cs, I, Sr) mit betonaggressiven Wässern (schwach saure, magnesium- und sulfathaltige Wässer nach EN 206). AAS-Messung der inaktiven Nuklide, sowie der zementsteinspezifischen Elemente Calcium und Silicium. Die rasche Auslaugung von Co deutet auf eine nahezu reine Deposition an der Festkörperoberfläche.
- Aufbereitung von Bauschutt aus einem KKW durch Brechen und Sortenfraktionierung. Die als Ausgangsmaterial dienende Betonfraktion > 16 mm hatte eine spezifische Aktivität von 1,0 Bq/g Co-60 und 0,4 Bq/g Cs-137. Durch Abtrennung der Kornfraktion < 2 mm (Brechsand) nach einer Korngrößenfraktionierung wurden ca. 60% der Gesamtaktivität an Co-60 und ca. 40% an Cs-137 entfernt. Bei den Kornfraktionen > 2 mm ist die Verteilung der Aktivität für beide Nuklide nur schwach ausgeprägt korngößenabhängig (leichte Abnahme von 2 bis 16 mm Größtkorn).
- Die verschiedenen Kornfraktionen wurden mit Deionat und mit betonangreifenden (magnesium- und sulfathaltigen) Wässern nach DIN 38414-4 eluiert. Der mobilisierbare Anteil von Co-60 lag zwischen 0,4 - 2,3% und von Cs-137 zwischen 1,0 bis 3,6%. Die Eluierbarkeit von Co-60 wird im Gegensatz zu Cs-137 nicht signifikant durch Mg beeinflusst. Insgesamt wurde trotz deutlichem Betonangriff eine unvollständige Freisetzung der Nuklide aus Beton festgestellt.

## 4. Geplante Weiterarbeiten

#### AP I – AP IV:

- Fortführung der Mikrosondenanalytik an den mit I-, Cs- und Sr-versetzten flaschenhydratisierten Zementsteinproben.
- Durchführung der Experimente zur Diffusion und dem kapillarem Saugen von Betonkörpern der Festigkeitsklasse C20/25.
- Fortsetzung der Elutionsexperimente an kontaminiertem Beton mit betonangreifenden Wässern.
- Auswertung der Experimente zur Ermittlung der Transportkenngrößen.
- Durchführung von Simulationsrechnungen zum Freisetzungsverhalten relevanter Radionuklide aus Beton (Brenk Systemplanung, Aachen) im AP IV.

## 5. Berichte, Veröffentlichungen

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

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

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>TU München, Arcisstraße 21, 80333 München                                     |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 7951</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Entsorgung von Beryllium / Berylliumoxid und Cadmium aus Forschungsreaktoren |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen                            |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.09.2001 bis 31.08.2004  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>1.609.754,94 EUR   | <b>Projektleiter:</b><br>Dr. Lierse von Gostomski     |   |

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

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

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Einbau der modifizierten Diamant-Schneideeinrichtung für Be in die Heiße-Zellen-Anlage (Fertigstellung).

Schneideversuche mit der Schneidevorrichtung in der Heiße-Zellen-Anlage mit inaktivem Be. Schneiden des Be-Elements mit der Schneidevorrichtung in der Heiße-Zellen-Anlage und Herstellung einer Teilprobe.

Gamma-Spektrometrische-Vermessung der Be-Teilprobe.

Bohren der Cd-Haube in oberen Bereich und Herstellung einer Teilprobe (Cd und Al).

Gamma-Spektrometrische Untersuchung der Cd- und Al-Teilproben.

Die horizontale Verteilung der Gamma-Strahler im Be-Element ist inhomogen. Die höchste Aktivität befindet sich in der dem Reaktorkern zugewandten Seite.

Wasserstoffbeladungsversuche mit verschiedenen Schwämmen auf Magnesium-Basis. Untersuchung von Wasserstoff-Speichergeschwindigkeit und Wasserstoff-Speicherkapazität der verwendeten Schwämme.

Modifizierung der verwendeten Magnesium-Basislegierungen mit verschiedenen Hydrier-Katalysatoren, z.B. Nickel (Erschmelzen der Legierungen, Strangpressen oder Sintern und Pulverherstellung). Metallografische und elementanalytische Charakterisierung der modifizierten Legierungen bzw. ihrer Pulver; Wasserstoffbeladungsversuche.

Beladungsversuche mit den aus den Magnesium-Basislegierungen hergestellten Schwämmen ergaben, dass für eine signifikante Wasserstoffspeicherung hoher Druck und hohe Temperatur erforderlich sind.

Die Untersuchung der mit den Hydrierkatalysatoren modifizierten Magnesium-Basislegierungen zeigte, dass durch die Verwendung der Katalysatoren eine Wasserstoffspeicherung unter schonenden Bedingungen möglich ist. Zudem wird die Speicherkapazität von der vorliegenden Korngröße beeinflusst, d.h. je kleiner die Korngröße, desto besser die Wasserstoffspeicherung.

Im Berichtszeitraum wurde ein vorläufiges Konzept für die genehmigungsfähige Entsorgung der Berylliumreflektoren des FRM 1 erstellt und vor Ort diskutiert.

Hinsichtlich des Konditionierungs- und Verpackungskonzeptes ist aufgrund der am FRM 1 vorhandenen Handhabungseinrichtungen die Unterwasserbeladung eines MOSAIK-Behälters praktisch auszuschließen. Die Beladung des MOSAIK-Behälters ist demzufolge außerhalb des Reaktorbeckens vorzunehmen. Einzelheiten sind hierzu noch festzulegen.

Bezüglich der Eignung der Berylliumabfälle für eine evtl. Endlagerung in Konrad bedarf es noch einer weiterführenden Diskussion, da die in Konrad einzulagernde Menge an Beryllium (in kg) begrenzt ist.

#### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Zerlegung der hergestellten Be-Teilprobe zur Gewinnung weiterer Untersuchungsproben und Analyse dieser.

Zerlegung der gewonnenen Cd-Teilprobe zur Gewinnung weiterer Teilproben und Analyse dieser.

Herstellung und Vorbereitung eines Modellbehälters für Tests mit dem Wasserstoffspeicher. Entwicklung eines Verfahrens zur Produktion des Wasserstoffspeichermaterials in für die Durchführung der Tests ausreichenden Mengen.

Noch offene Fragen des Entsorgungskonzeptes für Berylliumabfälle des FRM 1 werden sukzessive abgearbeitet. Für die genehmigungsfähige Entsorgung von Cadmiumabfällen des FRM 1 wird ein separates Entsorgungskonzept erstellt.

#### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

keine

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Universität Hannover, Welfengarten 1, 30060 Hannover   |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 7991</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Entwicklung emissionsarmer und kostengünstiger Verfahrens- und Handhabungstechniken für Dekontaminations- und Abtragverfahren |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen   |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.10.2001 bis 30.09.2004   | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>799.564,38 EUR  | <b>Projektleiter:</b><br>Prof. Dr.-Ing. Bach          |   |

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

Die Verfahren sind

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

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

### Entwicklung und Untersuchung der Verfahren:

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

### Vergleich der Verfahren zum Abtragen von Beton nach Stand von Wissenschaft und Technik

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

### Darstellung und Verbreitung der Ergebnisse

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

#### Trockeneis-Laserstrahlen:

- Fertigstellung und Erprobung des Prototypen eines Trockeneisstrahl-Laserstrahl-Handgerätes
- Konstruktion eines überarbeiteten Trockeneis-Laserstrahl-Handgerätes mit Anpassung an alternative Handhabungssysteme
- Konstruktion eines Trockeneis-Laserstrahl-Freihandgerätes
- Simulation der Strömungsverhältnisse bei verschiedenen Geometrien der Absaugvorrichtung
- Anordnung von Trockeneisdüse und Laseroptik durch Strömungssimulation optimiert

#### Asbestschneidversuche:

- Erfassung der Abhängigkeit der Faseremissionen von unterschiedlichen Prozessparametern und Bestimmung der Gesamtmenge des beim Laserstrahlschneiden emittierten Materials. Die emittierte Materialmenge wird im Mittel umso kleiner, je weiter der Fokus im Material liegt
- Durch sorgfältige Optimierung der Prozessparameter kann die Gesamtmenge des emittierten asbesthaltigen Materials deutlich minimiert werden
- Alle untersuchten asbesthaltigen Materialien lassen sich zwar mittels Laserstrahlung problemlos trennen, jedoch ist die Emission von Asbestfasern materialabhängig nicht gänzlich auszuschließen

#### Laserstrahlabtragen:

- Literaturrecherche wurde komplettiert
- Der Abtrag von Oberflächenbeschichtungen an den Setzsteinen und an Vergleichsproben wurde mit einem CO<sub>2</sub>-TEA-Laser und mit einem lampengepumpten Nd:YAG-Reinigungslaser untersucht, die Flächenleistung bei vollständigem Schichtabtrag wurde ermittelt
- Vorversuche (Abgrenzung Parameterfeld) zum Abtrag mit einem 4kW Diodenlaser und Vorbereitung der Versuche mit einem cw-CO<sub>2</sub>-Laser in Verbindung mit einem Scanner wurden durchgeführt

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Durchführung von Vergleichsuntersuchungen zum Abtrag von Schichten auf Betonstrukturen mit verschiedenen Abtragverfahren in Realumgebung und Emissionsmessungen beim Abtrag
- Vergleichsmessungen zur Beurteilung des Dekontaminationseffektes der verschiedenen Verfahren beim Abtrag von Betonoberflächen
- Bau und Erprobung der überarbeiteten Trockeneisstrahl-Laserstrahl-Handgeräte mit weiterführenden Untersuchungen und Parameteroptimierung zum Abtrag von Betonoberflächen
- Erweiterung der Prototypen mit Traktorantrieb und Lasersicherheitsmechanismen
- Weiterführende Experimente zur Parameteroptimierung und zur Minimierung der Faseremissionen beim Asbestschneiden
- Weitere Auswertung der in den Schneiduntersuchungen an asbesthaltigen Materialien erhaltenen Ergebnisse
- Experimentelle Untersuchungen mit einem 4kW Diodenlaser und einem cw-CO<sub>2</sub>-Laser in Verbindung mit einem Scanner

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

keine

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH,<br>Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg    |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><br><b>02 S 8001</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Sonderaufgaben zur Schließung der Schachanlage Asse: Dokumentation und Archivierung von FuE-Unterlagen |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen  |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.12.2001 bis 31.12.2003  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>707.945,00 EUR   | <b>Projektleiter:</b><br>Dipl.-Ing. Möller            |   |

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die im früheren Institut für Tieflagerung und im heutigen Forschungsbergwerk Asse angefallenen Unterlagen haben einen Umfang erreicht, der ein schnelles Auffinden von Informationen erschwert bzw. teilweise unmöglich macht. Deshalb werden die im Archiv 60 des Forschungsbergwerkes Asse vorhandenen Unterlage, bzw. ihre Beschreibung mit Hilfe einer benutzerdefinierten Datenbank erfasst.

Mit dieser Datenbank steht ein Instrument zur Verfügung, um schnell und gezielt nach gewünschten Unterlagen zu suchen.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Sichtung der Unterlagen
- Erstellen und Pflegen der Datenbank
- Vernichtungskriterien erstellen und dementsprechend unnötige Unterlagen vernichten.

### **3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

- Erstellen von Inhaltsverzeichnissen
- Umstellen der Ordner von Archiv 60 nach Archiv 100
- Ändern des Standortes in der Access-Datenbank
- Aufnahme der Ordnerbestände in den Regalen C, D, E und F
- Eingeben der Daten in die Access-Datenbank und Aktualisieren der Access-Datenbank
  
- Erstellen von Inhaltsverzeichnissen
  
- Revision (Stand 31.12.03) der Datenbank: Es wurden insgesamt 8.600 Datensätze in die Access-Datenbank eingegeben. Die Access-Datenbank kann nach Tabellenspalten bezüglich Titel, Thema und Schlagworten durchsucht werden. Berichte zum Überblick der eingegebenen Daten können nach Suchkriterien erstellt werden. Diese Vorteile wurden in der Vergangenheit auch bereits erfolgreich genutzt.
  
- Datensätze: Es wurden ca. 400 Testdatensätze in ELO office angelegt.

Eine Zuordnung der Dokumente zu den drei Kategorien „dokumentationspflichtig“, „aufbewahrungspflichtig / archivierwürdig“, „nicht archivierwürdig“ ist allerdings noch nicht erfolgt.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Zwecks Beweis- und Qualitätssicherung und aufgrund der festgestellten Erfahrungen ist eine Aufbereitung weiterer Unterlagen aus der Durchführung der F+E-Arbeiten, dem Betrieb des Bergwerkes Asse sowie den in den letzten Jahren durchgeführten Arbeiten zum Abschluss des Betriebes der Asse notwendig.

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

keine

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Siempelkamp Gießerei GmbH & Co., Siempelkampstraße 45,<br>47725 Krefeld  |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><br><b>02 S 8011</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen. Weiterführende Untersuchungen (FORM III) |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen   |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.10.2001 bis 31.03.2004   | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>352.425,00 EUR  | <b>Projektleiter:</b><br>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 FORM II wurden zur Vervollständigung und Absicherung der FORM I Ergebnisse weiterführende Werkstoffuntersuchungen an gezielt eingestellten chemischen Zusammensetzungen des Sphärogusses durchgeführt. Mit ausgewählten Qualitäten wurden Gussringe Ring 1 und Ring 2 gefertigt und deren dynamischen und bruchmechanischen Materialeigenschaften untersucht. Das Design von Referenzbehältern (MOSAIK II und Gusscontainer Typ VII) wurde optimiert. Diese Behälter wurden in den ausgewählten chem. Zusammensetzungen gefertigt, mit künstlichen Kerben versehen und in Fallversuchen erfolgreich geprüft (Zusammenarbeit mit EBER II).

In den abschließenden Untersuchungen wird die Abhängigkeit der Werkstoffeigenschaften von der chemischen Zusammensetzung bei der Reststoffverwertung anhand der Untersuchung von Probeplatten statistisch abgesichert. Darüber hinaus werden Gusskörper (Dummycontainer) mit erhöhtem Recyclinganteil gefertigt, welche die Großausführungen der in Frage kommenden Behälter repräsentativ abdecken. Mit diesen „Hohlprofilen“ werden Serien von Fallversuchen durchgeführt. Um die Sicherheitsreserven auszuloten, werden die Fallhöhen schrittweise bis zum Versagen erhöht. In Vor- und Nachuntersuchungen werden insbesondere die dynamischen und bruchmechanischen Kennwerte untersucht.

Der MOSAIK-II-Behälter wird weiter optimiert, erneut gefertigt, künstlich gekerbt und in einem Fallversuch nach Anforderungen der Abfallbehälterklasse II geprüft.

Aus den Ergebnissen werden auch die Anforderungen für unterschiedliche optionale Endlager, insbesondere im Hinblick auf die Fundamentgestaltung ableitbar sein.

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 Probeplatten
  - Ermittlung statischer Kennwerte und Gefügeuntersuchungen
  - Einflussgrößenberechnung
  - Festlegung Sonderschmelze für Hohlprofile Serien B und C
  - Quantifizierung Einfluss Kerben auf Bruchzähigkeit
- II Bruchmechanische Werkstoffbewertung unter Störfallbedingungen
  - Fertigung Hohlprofil aus Sonderschmelze für Probenahme
  - Ermittlung statische und dynamische Werkstoffkennwerte bei RT und -20°C
- III Optimierung Behälterdesign und Strukturanalyse
  - Maßnahmen zur Reduzierung der dynamischen Beanspruchungen unter Impact
  - Verbesserungen in der Idealisierung des Fundamentverhaltens in der dyn. FEA und der Interaktion von Fundament und Behälter
- IV Mechanische Prüfungen Hohlkörper
  - Abguss von Hohlprofilen



- Mechanischen Prüfungen der Hohlprofile mit schrittweiser Festlegung von Kerbgröße und Fallhöhe in Abhängigkeit von den Ergebnissen
- V Mechanische Prüfungen Referenzbehälter
  - Fertigung des optimierten MOSAIK II Behälters. Einbringen künstliche Kerben
  - Einbringen neuen Satz Kerben in Gusscontainer VII aus FORM II
  - Mechanischen Prüfungen unter Bedingungen nach ABK II
- VI Nachuntersuchungen
  - Probenahme aus Hohlprofilen und Referenzbehältern
  - Untersuchungen auf Risswachstum und Bruchmechanik-Eigenschaften im Stück

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Anfertigung von acht weiteren Probenplatten mit unterschiedlichen Recyclinganteilen und Fertigungsbedingungen. Bestimmung von Gefüge und mechanischen Eigenschaften im Zugversuch. Bestimmung des Einflusses der Recyclingelemente und der Fertigungsbedingungen.
- Bestimmung der Bruchzähigkeiten in 2 maßgebenden Bereichen von 5 weiteren Probenplatten.
- Die Auswertung der Probenplatten-Materialeigenschaften zeigt: Unterschiedliche Probenplattengefüge (bei durchgängig hohem Perlitanteil) an Oberfläche und Wandmitte. Bewertungskonzept für die Hohlprofile mit Bruchzähigkeit K ist gültig. Innerhalb einer Platte ist K-Wert weitgehend uniform. Rückgang von K mit steigendem Recyclinganteil.
- Fertigung von 3 Hohlprofilen der Serie C unter Großserien-ähnlichen Fertigungsbedingungen. Zerlegung und Beprobung eines Hohlprofils zur Bestimmung der Materialeigenschaften der Serie C im Stück.
- Zerlegung eines Hohlprofils der Serie A (gleiches Material wie Serie B) zur Bestimmung der Materialeigenschaften von Serien A und B im Stück. Erste Ergebnisse zeigen eine höhere Duktilität als in der Probenplatte mit derselben chemischen Zusammensetzung.
- Erprobung der Kerbeinrichtung und Festlegung der Fertigungsparameter für das Einbringen von Kerben. Anfertigung von Probenkerben. Die Schärfe dieser Kerben erfüllt die Anforderungen. Freigabe des Einbringens der Kerben in die Hohlprofile.
- Modifizierung der Impactseite des Hohlprofils A4 von umlaufendem Randüberstand auf 2 parallele Streifen zur Überprüfung der rechnerischen Optimierung für die Impactseite der Serie C in weiteren Fallversuchen (in EBER III).
- Versuche zum Einfluss der Perlitfallglühung auf das Gefüge an verschiedenen Materialien aus Probenplatten und Realussteilen.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Fertigung der restlichen Hohlprofile der Serie C.
- Einbringen der Kerben und Versand aller Hohlprofile der Serien B und C an die BAM für die Fallversuche (in EBER III).
- Bestimmung der Materialkennwerte für die Hohlprofile Serie B und C im Stück. Zugversuch und Bestimmung Gefüge und Bruchzähigkeiten an jeweils zwei verschiedenen Stellen. Überprüfung ob die Bruchzähigkeit beider FORM-Materialien im Stück unter den ABK-II Bedingungen von -20°C und dynamischer Belastung in Tief- oder in Übergangslage liegt. Erforderlichenfalls Übergang zu einem für plastisches Verhalten geeigneten Messverfahren.
- Festlegung der Prüftemperaturen für die Fallversuche zur Sicherstellung des gewählten Konzepts zur Bestimmung der Bruchzähigkeitskennwerte.
- Abschluss der laufenden Versuche zum Einfluss der Perlitfallglühung auf das Gefüge.
- Fallversuch-begleitende Untersuchungen auf Rissinitiierungen des Kerbgrunds durch Zersägen aller Hohlprofile und Untersuchen von Schliffen aus dem Kerbgrundbereich.
- Bei Bedarf nach dem Fallversuch Kontrollen der Materialkennwerte benachbart zu den Kerben (Zugversuch, Gefügebestimmung und Bruchzähigkeiten) für ausgewählte Hohlprofile.
- Auswertung Fallversuche und Material-Festlegung für den Prototyp MOSAIK II FORM III.
- Fertigung und Kerbung MOSAIK-II FORM III für Fallprüfung nach ABK-II (5m bei -20°C).
- Festlegung Lage und Größe und Einbringen eines neuen Satzes größerer Kerben in den vorhandenen Gusscontainer FORM II für die erneute Fallprüfung nach ABK-II (5m bei -20°C).
- Übertragung der Erkenntnisse zur Verminderung der Belastungen bei der Fallprüfung auf die Gusscontainer-Bauarten.
- Optimierung der Container-Fertigungsbedingungen von beim Einsatz von Recyclingmaterial.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

D. Bounin, W. Kleinkröger, D. Schreiber: Storage Containers Optimized for Recycling. SMiRT 17 Konferenz, 17.-22.08.2003, Prag, Transactions of the SMiRT 17, Paper W 516

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Unter den Eichen 87, 12200 Berlin  |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 8021</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen - Abschließende Untersuchungen (EBER III) |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen   |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.10.2001 bis 31.12.2004   | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>357.198,73 EUR  | <b>Projektleiter:</b><br>Prof. Dr. Droste             |   |

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Die zur Fortsetzung der Experimente benötigten Betonplatten wurden im September geliefert und dann untersucht. Diese neuen Betonplatten erfüllen nun die erhöhten Anforderungen, wie sie zuvor in diesem Vorhaben für den Versuchsstand definiert wurden.
- Analog zu den bisher im Vorhaben durchgeführten Versuchen zum Einfluss des Versuchsstandfundamentes auf die Bauteilbeanspruchung wurden Fallversuche mit diesen neuen Betonplatten durchgeführt. Damit wurde eine gegenüber der Planung zusätzliche Betonqualität auf ihre Eignung für das entwickelte Prüfzenario getestet. Nach erfolgreicher Erprobung wurden Platten mit diesen Eigenschaften als neuer Standard für die Aufprallfläche des Referenzfundamentes bei den weiteren Versuchen festgelegt. Die Balligkeit der Betonplatten beträgt nur ein Viertel der Werte aus bautechnischen Normen.
- Mit diesen Voraussetzungen konnten alle noch ausstehenden Versuche zur Erprobung des Prüfstandfundamentes abgeschlossen werden. Damit wurden im Vorhaben bisher 23 Fallversuche mit den Hohlprofilen als behälterähnlichem Modellkörper durchgeführt.
- Auch die Versuche mit den neuen Betonplatten wurden numerisch simuliert. Für die neue Betonqualität wurde ein geeignetes Materialmodell entwickelt. Durch die strengeren Vorgaben für das Referenzfundament wird eine bessere Reproduzierbarkeit erreicht.
- Mit einem Hohlprofil ohne Vorschädigung wurden Versuche durchgeführt, bei denen das Prüfobjekt aus bis zu 80 cm Höhe direkt auf eine Stahlbramme abgeworfen wurde. Es kam zu keiner sichtbaren Schädigung des Bauteiles. Das veränderte Beanspruchungsverhalten wurde mit den Ergebnissen von Finite-Elemente-Berechnungen verglichen. Die Verringerung der Belastungsdauer und das Anwachsen der Belastungshöhe wurden vom Berechnungsmodell widergegeben.
- In den numerischen Berechnungen wurde die Fallposition des Prüfobjektes variiert. Die Berechnungsergebnisse hängen vor allem vom verwendeten Materialmodell für den Beton ab. Die Behälterbeanspruchung nimmt bei Berücksichtigung von Schädigungen der Betonoberfläche ab.
- Zur Anpassung von bruchmechanischen Bewertungsformeln für Risse bei zylindrischen Behälterformen wurden Parameterstudien durchgeführt. Aus der Literatur bekannte Berechnungsformeln für statische Rissprobleme in zylindrischen Behältern wurden auf ihre Anwendbarkeit hin für die hier vorliegenden Lastfälle betrachtet.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Zusätzliche experimentelle Erprobung der geometrischen Optimierung zur Beanspruchungsminderung an einem modifizierten Hohlprofil der Serie A
- Vorbereitung und Durchführung der Fallversuche mit definiert künstlich vorgeschädigten Hohlprofilen der Serien B und C
- Fortsetzung der Beanspruchungsanalyse zu Innenmassen
- Übertragung der Erkenntnisse zur Behälterbeanspruchung auf andere reale Untergründe
- Vorbereitung der abschließenden Verifikationsversuche mit Großbehältern
- Abschluss der Berechnungen zu Werkstofffehlern in zylindrischen Behältern und ihrer bruchmechanischen Bewertung

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Zencker, U., Müller, K.: Modern Safety Assessment of Cubic Cast Iron Containers Under Mechanical Impact, Proceedings 17th Int. Conf. on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT 17), 17.-22. August 2003, Prag (verfügbar auf CDROM)

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Brenk Systemplanung GmbH, Heider-Hof-Weg 23,<br>52035 Aachen                      |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><br><b>02 S 8031</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen                                |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.12.2001 bis 30.06.2004  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>121.175,66 EUR   | <b>Projektleiter:</b><br>Dr.-Ing. Klein               |   |

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

Dieses Vorhaben wird im Verbund mit folgenden Vorhaben durchgeführt:

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Phase IV bis VI:</b> | <b>Weiterentwicklung der Verfahrenstechnik, Herstellung der kommerziellen Betriebstauglichkeit (Testmaterial: diverse Bauschutttypen)</b>   |
| AP IV/1 und IV/2:       | Probenbeschaffung und bei Bedarf Unterstützung bei der Charakterisierung der Bauschuttproben und bei entsprechenden Laborversuchen zur trockenen mechanischen Aufbereitung          |
| APVI/1:                 | Optimierung und Bewertung der Pilotanlage im Hinblick auf verfahrenstechnische und betriebswirtschaftliche Kosten im Zusammenhang mit volkswirtschaftlichen bzw. externen Kosten    |
| AP VI/3:                | Unterstützende Arbeiten zur Durchführung diverser Genehmigungs- und Zulassungsverfahren als Voraussetzung für die kommerzielle Einsatzfähigkeit der Anlage zur Aktivitätsseparation |

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Nachdem die wesentlichen Arbeiten zur Probenbeschaffung und Auswertung gemäß AP IV/1 und AP IV/2 abgeschlossen sind und die Untersuchungen gezeigt haben, dass eine Klassierung des Materials, insbesondere bei der Integration einer radiometrischen Sortierung zur gewünschten Aktivitätsseparation führen kann, lag der Schwerpunkt der Arbeiten bis zur Fortführung der Arbeiten gemäß AP VI/1 und AP VI/3 auf der Unterstützung der am Forschungsvorhaben Beteiligten in folgenden Aufgaben:

Die radiometrische Sortierung war technisch umzusetzen und in das Gesamtkonzept zu integrieren. Da die radiometrische Sortierung nur jeweils für kleine Massen durchgeführt wird, aber große Massendurchsätze angestrebt werden, wurde ein Konzept entwickelt, dass es gewährleistet mit hinreichend kurzen Messzeiten die Sortierung in die gewünschten Kategorien,

- Aktivität unterhalb von Freigabewerten – Aufbereitung nicht notwendig,
- Aktivität oberhalb von Freigabewerten – Aufbereitung notwendig und möglich sowie
- Aktivität deutlich oberhalb von Freigabewerten – Aufbereitung nicht zielführend,

durchzuführen. Derzeit wird dieses Konzept konstruktiv beim AMR umgesetzt.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Nach Aufstellung und Test der Anlage erfolgt gemäß AP VI/1 die Optimierung und Bewertung der Pilotanlage im Hinblick auf die verfahrenstechnischen und betriebswirtschaftlichen Kosten im Zusammenhang mit volkswirtschaftlichen bzw. externen Kosten. Diese Arbeiten stellen auch eine Fortführung der Marktanalyse gemäß AP M dar.

Es ist beabsichtigt, die Separierungsanlage nur in Anlagen bzw. Einrichtungen, die eine Genehmigung nach § 7 AtG bzw. nach § 7 StrlSchV haben, einzusetzen. In diesem Rahmen sind gemäß AP VI/3 unterstützende Arbeiten zur Durchführung diverser Genehmigungs- und Zulassungsverfahren als Voraussetzung für den mobilen kommerziellen Einsatz der Anlage zur Aktivitätsseparation durchzuführen.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Meier-Kortwig, Diedenhofen, Maischak, Fachinger, Schartmann, Kießig, Schreiter:  
Aufbereitung radioaktiver mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation, Tagungsband KONTEC 2003, S. 656

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstr. 45,<br>47803 Krefeld             |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 8041</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen                                |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.12.2001 bis 30.06.2004  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>263.806,67 EUR   | <b>Projektleiter:</b><br>Dr.-Ing. Meier-Kortwig       |   |

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

Dieses Vorhaben wird im Verbund mit folgenden Vorhaben durchgeführt:

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

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

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Auf Basis der ergänzenden Untersuchungen zur Magnetscheidung, optischen und radiometrischen Sortierung mit konventionellen und kontaminierten/aktivierten Bauschuttun unseres Projektpartners AMR, wurde im Zusammenarbeit mit dem AMR die geeigneten Anlagenkomponenten zur Aktivitätsseparation der Bauschutte ausgewählt und eine entsprechende Gesamtanlagenkonzeption aufgestellt. Dies umfasste insbesondere die Erstellung des Aufstellungsplanes, aber auch verschiedene Detaillösungen.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Die weiteren Arbeiten umfassen insbesondere die Planung, Koordination und Abwicklung des Pilotbetriebes. Neben der Beschaffung geeigneter Probematerialien wird hier unsere Partner AMR bei der Aufstellung und Optimierung der Anlagentechnik unterstützt. Neben Aufgaben zur Herstellung einer mobilen Anlagentechnik werden hier auch Arbeiten zur Genehmigung und Zulassung für eine kommerzielle Betriebstauglichkeit bearbeitet.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

AST-SNT-B01: Arbeitsbericht - Erfahrungswerte der Testsortierung  
 Meier-Kortwig, Diedenhofen, Schartmann et.al.: „Aufbereitung radioaktiver mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation“, KONTEC 2003 – 6. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“, Berlin

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Wismut GmbH, Jagdschänkenstraße 29, 09117 Chemnitz                                |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 8051</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen                                |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.12.2001 bis 30.11.2003  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 30.11.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>355.337,63 EUR   | <b>Projektleiter:</b><br>Dr. Kießig                   |   |

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

Dieses Vorhaben wird im Verbund mit folgenden Vorhaben durchgeführt:

- 02S8031 der Brenk Systemplanung GmbH (BS)
- 02S8041 von Siempelkamp Nukleartechnik GmbH (SNT)
- 02S8061 des Forschungszentrums Jülich - Institut für Sicherheitsforschung und Reaktortechnik (ISR)
- 02S8071 der RWTH Aachen - Lehr- und Forschungsgebiet Aufbereitung mineralischer Rohstoffe (AMR).

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

API/3: Auswahl und Analyse von vergleichbaren nicht aktivierten Probenmaterialien

API/4, I/5, II: Optimierung der Laugungsbedingungen, Beschaffung, Installation und Inbetriebnahme der Komponenten, Aufbau der Prozesskette zur Laugung

APIII/1 - III/4: Aufbereitung der gesamten COMAS-Reststoffe.



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

|          |  |
|----------|--|
| APIV/1:  | Beschaffung von Proben, Probenanalyse                |
| AP IV/2: | Prinzipielle Klärung der Laugbarkeit                 |
| AP V:    | Erweiterung bzw. Modifikation der Pilotanlage        |
| AP VI/1: | Optimierung der Pilotanlage                          |
| AP VI/3: | Durchführung des Genehmigungs-/Zulassungsverfahrens. |

### **3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

Ziel der abschließenden Arbeiten war die Erfüllung der Nebenbestimmungen zum Genehmigungsbescheid, der die Lagerung der festen radioaktiven Untersuchungsrückstände aus den COMAS-Versuchen und die Entsorgung der flüssigen Rückstände betraf.

Bei der Lösung wurde nach Fällung des Urans die Freigrenze (0,6 Bq/e) unterschritten und die Lösung nach Erteilung der Genehmigung durch das Landesbergamt Thüringen entsorgt. Die 21 Einzelfeststoffproben wurden am 05.12.2003 in der Landessammelstelle Sachsen/Thüringen entsorgt.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Das Vorhaben wurde am 30.11.2003 abgeschlossen.

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

keine

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße,<br>52425 Jülich             |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><br><b>02 S 8061</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen                                |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.12.2001 bis 30.11.2003  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 30.11.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>86.992,73 EUR  | <b>Projektleiter:</b><br>Prof. Dr. Odoj               |   |

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

Dieses Vorhaben wird im Verbund mit folgenden Vorhaben durchgeführt:

- 02S8051 der Wismut GmbH (W)
- 02S8031 der Brenk Systemplanung GmbH (BS)
- 02S8041 von Siempelkamp Nukleartechnik GmbH (SNT)
- 02S8071 der RWTH Aachen - Lehr- und Forschungsgebiet Aufbereitung mineralischer Rohstoffe (AMR)

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Folgende Arbeitspakete des Vorhabens sind für das Institut für Sicherheitsforschung und Reaktortechnik des Forschungszentrums Jülich relevant:

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

API/3 bis I/4: Charakterisierung der COMAS-Reststoffe (Testmaterial der ersten Vorhabenshälfte). Lokalisierung und Analyse des Einbaus der Aktivität in der Materialstruktur in den verschiedenen COMAS-Reststoffarten. Die Laborversuche werden in Hinsicht auf die Einsatzmöglichkeit einzelner verfahrenstechnischer Komponenten der Separierung durchgeführt.

APIII/2: Radiologische Charakterisierung diverser Output-Materialien der einzelnen Prozessschritte und des Gesamtprozesses. Daraus folgt die unterstützende Tätigkeit zur Bestimmung der Anforderungen an die Verfahrens-

technik auf Basis der durchgeführten Charakterisierungen und deren Bewertungen hinsichtlich der Deponierbarkeit, Endlagerfähigkeit und Freigebbarkeit diverser Output-Materialien.

- APIII/4: Unterstützende Arbeiten zur Optimierung des Verfahrensgangs anhand größerer Probemengen (Aufbereitung der gesamten COMAS-Reststoffe)
- Phase IV bis VI: Weiterentwicklung der Verfahrenstechnik, Herstellung der kommerziellen Betriebstauglichkeit (Testmaterial: diverse Bauschutttypen)**
- APIV/1, IV/2: Charakterisierung bedeutender Bauschuttproben und die damit verbundene Lokalisierung und Analyse des Einbaus der Aktivität in der Materialstruktur der verschiedenen Proben.

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

#### APIV/1, IV/2:

Verschieden noch ausstehende Bauschuttproben aus dem FZJ (Rückbau Brennstoffzellen BLZ, Rückbau MERLIN) wurden untersucht.

#### Schwerbetonprobe aus dem biologischen Schild des MERLIN (FZJ):

Die Untersuchungen der Merlinproben wurden abgeschlossen ohne wesentliche Abweichungen von den Ergebnissen in vorherigen Berichtszeitraum.

#### Betonproben aus dem BZL (FZJ):

Bei allen ausstehenden Proben zeigte sich ebenfalls die Tendenz, dass sich die Hauptaktivität in der Staubfraktion befindet.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Das Projekt ist abgeschlossen. Der Abschlussbericht wird erstellt.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

keine

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen,<br>Templergraben 55, 52056 Aachen |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 8071</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation      |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen                                     |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.12.2001 bis 30.06.2004   | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>851.125,10 EUR  | <b>Projektleiter:</b><br>Prof. Dr.-Ing. Wotruba       |   |

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

Dieses Vorhaben wird im Verbund mit folgenden Vorhaben durchgeführt:

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

|                  |   |
|------------------|---|
| Phase I bis III: | Erarbeitung der Grundlagen der Aktivitätsseparation (Testmaterial: COMAS-Reststoffe)  |
| API/1:           | Beschaffung von technischen Einrichtungen für die Vorversuche   |
| API/2:           | Literaturrecherche zur konventionellen Aufbereitung von Bauschutt und zur Uranerzaufbereitung. Recherche zur FRANKA- Zerkleinerungsanlage |
| API/3:           | Überprüfung und Bewertung der ausgewählten Proben. Auswahl, Beschaffung und Analyse von nicht aktiviertem Versuchsmaterial                |
| API/4:           | Laborversuche zu den Verfahrensschritten der mechanischen Aufbereitung. Technikumsversuche zur Zerkleinerung, Klassierung und Sortierung  |
| API/5:           | Auswahl der Verfahrenstechnik zur Aufbereitung der COMAS-Reststoffe   |

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

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Es wurden ergänzende Untersuchungen zur magnetischen, optischen und radiometrischen Sortierung mit konventionellen und kontaminierten/ aktivierten Baureststoffen durchgeführt. Dies diente dazu, um zum einen die Ergebnisse der vorangegangenen Versuche zu bestätigen und zum anderen um eine Verfahrensoptimierung zu erreichen.

Anschließend erfolgte vor allem in Zusammenarbeit mit dem Projektpartner SNT die Auswahl der mechanischen Anlagenkomponenten.

Die Fa. Brenk und FZJ-ISR unterstützten zusätzlich die Auswahl der radiometrischen Messeinheit und waren am prinzipiellen Verfahrensaufbau beteiligt.

Im Herbst wurde mit den Ausschreibungsverfahren der zu beschaffenden Komponenten und der Detailauslegung der zur bauenden Aggregate begonnen.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Beschaffung der restlichen Materialkomponenten, Zusammenbau der Einzelaggregate und Aufbau einer lauffähigen Prozesskette zur trockenen Aktivitätsseparation bis Mitte März 2004.

Zur Zeit wird ein Pilotbetrieb der AST-Anlage mit radioaktiv kontaminierten und aktivierten Baureststoffen nach der Fertigstellung der Anlage angestrebt.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

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

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>TU München, Arcisstraße 21, 80290 München  |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 8081</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Verbundprojekt: Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen   |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.11.2001 bis 31.10.2004   | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>468.152,14 EUR  | <b>Projektleiter:</b><br>Dr. Bücherl                  |   |

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

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

### **3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

Die Entwicklung und Umsetzung des Softwarepakets wurde weiter fortgesetzt. Als neues Teilmodul wurde die Berechnung der Strahlschwächung hinzugefügt. Diese ist direkt mit dem bereits im letzten Berichtszeitraum entwickelten Modul zur Berechnung der Schwächungsweglängen verbunden. Verknüpft wurde das neue Modul mit dem vom FZJ entwickelten Detektormodul. Damit ist nun die Simulation nahezu aller im segmentierten Gamma-Scanning verfügbaren Messverfahren möglich. Ein weiteres neues Teilmodul ermöglicht die Auswertung von Messdaten aus der Digitalen Radiographie, derzeit noch ohne Fehlerbetrachtung. Weitere Arbeiten betrafen die (nutzerfreundliche) Einbettung der Module in das Gesamtsystem und das Auffinden von möglichen (Programm-) Fehlern.

Die Verknüpfung von Daten aus unterschiedlichen Quellen (Messungen, a-priori Informationen etc.) sowie ihre möglichen gegenseitigen Abhängigkeiten und Einschränkungen wurden weiter entwickelt und bilden nun die Grundlage für den derzeit stattfindenden Ausbau der Variationsanalyse zur Bestimmung der Ergebnis-(=Aktivitäts-) unsicherheiten.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Softwaremäßige Umsetzung weiterer Programmmodule, speziell des für die Variationsanalyse erforderlichen Auswertemoduls und Einbindung dieses und weiterer Einzelmodule in die bereits existierende Softwareoberfläche unter spezieller Berücksichtigung der Benutzerfreundlichkeit.

Beginn der primären Erprobung, d. h. Verifikation der (Gamma-Scanning) Simulationsergebnisse mit realen Messungen. Hierfür steht ein gut definiertes, großvolumiges Objekt zur Verfügung.

Die in der letzten Berichtsperiode vorgesehene Weiterführung der Modifikationsarbeiten am RCM-Messsystem konnte aus institutsinternen Kapazitätsgründen nur teilweise durchgeführt werden und wird entsprechend nachgeholt.

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

A. Elhardt, T. Bücherl, G. Caspary, „Improvement of Accuracy and Precision in Non-Destructive Assay of Waste from Decommissioning and Nuclear Installations“, Tagungsband 6. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“ einschließlich 6. Statusbericht des BMBF „Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen“ 19.-21. März 2003, ESTRELResidence & Congress Hotel Berlin, ISBN 3-9806415-6-2, 886-889.

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße,<br>52425 Jülich  |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><br><b>02 S 8091</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Verbundprojekt: Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen   |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.11.2001 bis 31.10.2004   | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>357.480,00 EUR  | <b>Projektleiter:</b><br>Dr. Caspary                  |   |

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

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



### **3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

Weiterführung der richtungs- und energieabhängigen Messungen der Nachweisempfindlichkeit von Gamma-Detektorsystemen mit dem dafür entwickelten System.

Abschluss der Entwicklungs- und Implementierungsarbeiten am Effizienzmodul (Punktquellen-efficiency, Strahlefficiency am unkollimierten Detektor).

Das Simulationsmodul ist fertig gestellt und in die Oberfläche integriert. Das Interpretations- und Interpolationsmodul ist fertig gestellt. Efficiency- und Simulationsmodul sind mit dem Transportmodul des Projektpartners verknüpft worden und voll einsatzfähig. Damit sind die Entwicklungsarbeiten abgeschlossen.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Validierung des Effizienzmodul bestehend aus Simulationsmodul, Interpretations- und Interpolationsmodul.

Weiterführung der Messreihen zur Validierung der Simulationsrechnungen und zur Vorbereitung des Benchmarking des Effizienzmoduls.

Durchführung von Messungen zur Validierung gesamter Simulationen.

Unterstützung des Projektpartners bei der Konzeption der Varianzanalyse.

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

„Fast HPGe detector efficiency determination for the response calculation of NDA systems based on MCNP“, Vortrag in der Expertengruppe für zerstörungsfreie Messverfahren des „European Network of Testing Facilities for the Quality Checking of Radioactive Waste Packages“

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Universität Hannover, Welfengarten 1, 30060 Hannover  |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 8102</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Erweiterung der Einsatzgrenzen modularer Schneidtechnologien für den kostengünstigen Rückbau kerntechnischer Anlagen, EMOS |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen  |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.03.2002 bis 28.02.2005  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>1.377.402,00 EUR   | <b>Projektleiter:</b><br>Prof. Dr.-Ing. Bach          |   |

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

#### 1. Laserstrahlschneiden

- 1.1 Voruntersuchungen zur Entwicklung eines Modul-Baukasten-Systems.
- 1.2 Erweiterung der Leistungsfähigkeit des handgeführten Laserstrahlschneidens.
- 1.3 Aufbau eines Regelkreises zur Nachführung wichtiger Prozessparameter bei Auftreten von Prozessinstabilitäten.
- 1.4 Entwicklung und Erprobung eines flexiblen Modul-Baukasten-Systems für den Einsatz im Rückbau kerntechnischer Anlagen.

#### 2. Wasserabrasivstrahlschneiden

Einsatz des Wasserabrasivinjektor- /suspensionsstrahlschneidens an Atmosphäre und unter Wasser.

#### 3. Contact-Arc-Metal-Grinding

- 3.1 Entwicklung und Aufbau einer CAMG-Schneideinrichtung zur Zerlegung metallischer Reaktorkomponenten.
- 3.2 Entwicklung eines hydrodynamischen Schutzmantelsystems zur Reduzierung der Wasserverunreinigungen.
- 3.3 Entwicklung neuer CAMG-Werkzeugelektroden hinsichtlich neuer Geometrien und Beschichtungen.
- 3.4 Untersuchungen des Werkzeugelektrodenverschleißes und Bestimmung der relevanten Schneidparameter.
- 3.5 Entwicklung eines Sensormoduls zur Bestimmung des Werkzeugelektrodenverschleißes, Entwicklung einer Nachführeinheit und Konzipierung einer Regelung.

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

#### Laserstrahlschneiden

- Mit einer neuen Schneiddüse und einer Kombination aus Sauerstoff und Stickstoff konnte mit höheren Drücken gearbeitet werden, so dass Schneidgeschwindigkeiten bis 200 mm/min bei 10 mm Blechdicke erreicht wurden. Aufgrund der verbesserten Prozessstabilität sind die erzeugten Schnittfugen trotz erhöhter Schneidgeschwindigkeiten deutlich schmaler als beim konventionellen Laserstrahlbrennschneiden von CrNi-Stählen mit dem Nd:YAG-Laser.

- Auch an CrNi-Stahlblechen mit Dicken bis 20 mm wurde eine vergleichsweise schmale Schnittfuge erzeugt, wobei die Untersuchungen noch nicht beendet sind.
- Konzeption und Konstruktion eines flexiblen Strahlformungskonzeptes zur Änderung des Fokusdurchmessers und der Rayleighlänge

#### Wasserabrasivstrahlschneiden

- Auf der Grundlage der bisher gewonnenen Erkenntnisse ist ein modular aufgebauter WAIS-Schneidkopf für große Volumenströme weiterentwickelt und aufgebaut worden.
- Zur Durchschneidkontrolle beim Wasserabrasivstrahlschneiden ist neben den bereits untersuchten Körperschallsensoren auch das Differenzdruck-Verfahren getestet worden. Die hierzu bisher gewonnenen Ergebnisse reichen im Gegensatz zu den Körperschallsensoren für eine hinreichende Beurteilung der Schnittqualität noch nicht aus.
- Die Konzeption des personengebundenen Handhabungssystems ist abgeschlossen worden. Zur Beurteilung eines ergonomisch gestalteten Systems sind verschiedene Ansätze anhand von Demonstrationsmodellen verglichen worden. Auf Grund der ergonomischen Anforderungen ist ein Konzept mit Linearführung und motorgetriebenem Vorschub ausgewählt und in einem Demonstrationsmodell umgesetzt worden. Eine Vorausswahl der einzusetzenden Komponenten ist ebenfalls getroffen worden.
- Ein neuer WASS Schneidkopf mit besonders kleinen Abmaßen für das personengebundene Handhabungssystem wurde konstruiert.

#### CAMG

- Die bereits gefertigten und die zuletzt entwickelten Komponenten für das CAMG-Werkzeug wurden montiert.
- Das Wasserhydraulikaggregates zur Versorgung des CAMG-Werkzeuges wurde aufgebaut und in Betrieb genommen.
- Es wurden weitere Untersuchungen zum Phasenübergangswiderstand an Kontaktelektrode/Quecksilber durchgeführt. Hierbei konnten die Werte für den spezifischen Phasenübergangswiderstand zwischen Fe, Au und Ag zu Hg ermittelt werden. Anhand dieser Ergebnisse konnte ein sehr kompaktes Stromübertragungsmodul für 6000 A ausgelegt und konstruiert werden.
- Unterschiedliche Elektrodenkonzepte wurden unter Berücksichtigung der Fertigungsmöglichkeiten, Fertigungskosten und der zu erwartenden Schneidleistung entwickelt. Die hierbei gewonnenen Ergebnisse wurden konstruktiv umgesetzt und befinden sich in der Fertigung.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

#### Laserstrahlschneiden

- Umsetzung des Gesamtsystems in reale Komponenten
- Fortsetzung der Schneiduntersuchungen unter Wasser
- Realisierung einer Durchschneidkontrolle auf Basis der bereits durchgeführten Untersuchungen mittels CMOS-Kamera

#### Wasserabrasivstrahlschneiden

- Experimentelle Untersuchungen mit dem weiterentwickelten WAIS-Schneidkopf
- Weiterführung der Untersuchungen zur Durchschneidkontrolle mittels Differenzdruckmessung
- Konstruktion und Fertigung eines Prototyps für die personengebundene Handhabung
- Zur Prozesskontrolle des WASS-Verfahrens soll neben den recht ungenauen Turbinendurchflussmessern auch eine radiologische Dichtemessung erprobt werden.

#### CAMG

- Abschließende Montage und Inbetriebnahme des CAMG-Werkzeug
- Schneiduntersuchung mit großen Scheibenelektroden ( $\varnothing$  450 mm) mit unterschiedlichen Geometrien, Bestückungen und Beschichtungen
- Auswertung der Schneiduntersuchungen
- Entwicklung eines hydrodynamischen Schutzmantelsystems

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

Fr.-W. Bach: Extension of the limitations of use of modular designed cutting technologies for the competitive decommissioning of nuclear installations (EMOS), IAEA WMRA 28, Abstract No: 4856, No in Publication: GFR0028, 15.09.2003

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| <b>Auftragnehmer:</b><br>DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine  |  | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 8112</b>         |  |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Abdichtung von Wegsamkeiten in Salzformationen mit kristallisierenden Evaporitmineralen (AISKRYSTALL) |  |   |  |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen   |  |   |  |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.04.2002 bis 30.09.2004   |  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |  |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>994.956,00 EUR  |  | <b>Projektleiter:</b><br>Dr. Engelhardt               |  |

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Für Endlager radioaktiver Abfälle sowie für Deponien im Salzgestein soll ein arteigenes Verschlussmaterial entwickelt werden, das im Sinne eines Konstruktionswerkstoffes verwendet werden kann. Die Erhärtung basiert auf Umlösungsprozessen von Evaporitmineralen mit salinaren Lösungen. Geeignete Salzmischungen bzw. -suspensionen sind durch Indexversuche und geochemische Modellierungen zu identifizieren. Technologische Aspekte der Materialerstellung (Verarbeitbarkeit) und -förderung werden im Labor und Technikum untersucht und in-situ erreichbare Qualitäten ermittelt.

Dabei sollen mathematische Beschreibungen des Materialverhaltens (Materialmodell) entwickelt werden, die eine Sicherheitsnachweisführung ermöglichen. Gefügeuntersuchungen sowie mineralogische Phasenanalysen werden zur Absicherung von Prognosen über das Langzeitverhalten durchgeführt. Eine standortspezifische Auslegung einer Permeationsbarriere und ein Katalog von QS-Maßnahmen bilden den Projektabschluss.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Untersuchungsprogramm umfasst folgende Schwerpunkte:

- Identifikation geeigneter Salzmischungen bzw. -suspensionen
- Untersuchung der Verarbeitbarkeit und in-situ erreichbarer Qualitäten, z.B. der Festmaterialeigenschaften (Festigkeit, Steifigkeit, Dilatanz-, Kriechverhalten) sowie Permeabilität
- Entwicklung des Materialmodells auf der Basis gezielter Untersuchungen zur Materialqualität
- Untersuchung des Gefügebauaufbaus und des mineralogisch/chemischen Stoffbestandes zur Absicherung von Prognosen zum Verhalten in-situ und des Langzeitverhaltens
- Modellhafte Auslegung einer Permeationsbarriere und Aufstellung eines Katalogs von Qualitätssicherungsmaßnahmen

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Ziel rheologischer Untersuchungen war die Untersuchung der Verarbeitbarkeit der Salzmischungen, wobei ein Schwerpunkt der Arbeiten die Ausnutzung des sog. „Aussalzeffektes“ zur Herstellung sedimentationsstabiler Suspensionen war. Zur Charakterisierung der zeit- und temperaturabhängigen Entwicklung des Steifigkeits- und Festigkeitsverhaltens erfolgten geomechanische Untersuchungen an Prüfkörpern, die bei Temperaturen zwischen 5 und ca. 40 °C lagen.

Die Datenbasis zu thermomechanischen Parametern sowie zu den im Verlauf der Erhärtung auftretenden Kristallisationsdrücken wurde erweitert. Mineralogische Untersuchungen an Dünnschliffen dienten zur Bestimmung des Gefügebau der Salzmischungen sowie der Untersuchung von Kontaktzonen an angrenzende Evaporitgesteine. Die Entwicklung von Modellen zur mathematischen Beschreibung des Materialverhaltens unterschiedlicher Salz-/Lösungssysteme wurde fortgesetzt. Darüber hinaus wurden geomechanische Untersuchungen zur Bestimmung des Dilatanzverhaltens erhärteter Salzmischungen begonnen. Zusätzlich erfolgten standortspezifische Auslegungen von Permeationsbarrieren.

Rheologische und geomechanische Untersuchungen ergaben, dass die Salzmischungen in einem Temperaturbereich entsprechend hydraulisch abbindender Baustoffe verarbeitbar sind. Der bei Mischung NaCl- und MgCl<sub>2</sub>-reicher Lösungen auftretende „Aussalzeffekt“ (Bildung von Haliten geringer Partikelgröße) kann zur Herstellung sedimentationsstabiler Suspension genutzt werden. Die thermomechanischen Materialparameter erhärteter Proben lagen im Bereich kieseritischer Hartsalze und Carnallitite, die ermittelten Gaspermeabilitäten betragen  $< 10^{-17} \text{ m}^2$ . Thermomechanische Berechnungen belegen die Eignung der Salzmischungen als Baustoff zur Erstellung von Permeationsbarrieren, wobei kieserithaltige Materialien auf Grund der geringen Wärmefreisetzung (Reduzierung von Zwangsbeanspruchungen) insbesondere zur Verfüllung großer Hohlräume geeignet sind. Eine abschließende Bewertung der Messresultate zum Dilatanzverhalten ist derzeit noch nicht möglich.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Schwerpunkte der weiteren Arbeiten sind:

1. Fortführung geomechanischer Untersuchungen, insbesondere zum Kriech- und Dilatanzverhalten
2. Durchführung ergänzender Bestimmungen des Kristallisationsdruckes
3. Optimierung der Materialmodelle (mathematische Beschreibung des Materialverhaltens)
4. Erstellung eines Kataloges von QS-Maßnahmen

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

keine

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>TU Dresden, Mommsenstr. 13, 01062 Dresden   |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 8122</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen  |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.08.2002 bis 31.07.2005  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>1.475.389,00 EUR   | <b>Projektleiter:</b><br>Prof. Dr. Knorr              |   |

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Weiterführung der Patent- und Literaturrecherche zur Thematik; Auswahl der Betonarten und der Nuklidvektoren für die Experimente ist abgeschlossen, Herstellung der Betonproben wird fortgesetzt.
- Abschluss der Aufschmelzexperimente in der Versuchsanlage OSIRIS (600 bis 1800°C) mit folgendem Ergebnis: silikatische Betone zeigen ein Schmelzverhalten, das eine Verglasung der abgetragenen Partikel ohne Additive ermöglicht, für karbonatische Betone ist eine Zugabe von Glasbildnern (als Pulver oder Paste) sinnvoll; dies wurde in den Untersuchungen mit Lasereinsatz bestätigt.
- Es sind verschiedene Glasbildner hinsichtlich ihrer Einsetzbarkeit im Laserverfahren untersucht worden; Ergebnis: Auswahl von speziellen Glasbildnern (mit unterschiedlichem Erweichungsverhalten) für die weiteren Tests.
- Fortführung der Arbeiten mit dem Laserspektrometer (LIBS) zur Erstellung einer Datenbasis für die qualitativen und quantitativen Messungen der Zusammensetzung der Betonoberfläche im vorgesehenen Einsatzbereich (insbesondere zum Nachweis inaktiver „Leitnuklide“).
- Inbetriebnahme einer CO<sub>2</sub>-Lasieranlage zwecks Abtragen der Betonoberflächen; Ergebnis: Neben der Optimierung der Laserstrahlführung kann die Abtragsrate vor allem durch eine optimierte (gepulste) Ausblas- und Absaugtechnologie maximiert werden. Da die Volumenabtragsrate mit zunehmender Abtragstiefe signifikant geringer wird, ist die Ermittlung und Einstellung der tatsächlich lokal erforderlichen Abtragstiefe entscheidend für die spätere Verfahrenseffektivität.
- Fortführung der Entwicklungs- und Erprobungsarbeiten zur kombinierten Bearbeitungs-Ausblas- und Absaugdüse.
- Aufbau einer Hochtemperatur-Probenkammer mit Kältefalle zur Analyse des Ausdampfverhaltens flüchtiger Stoffe (insbesondere Cs).
- Fortführung der Präzisierung der Zielvorgaben für das konditionierte Endprodukt (direktendlagerfähig).

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Planmäßige Fortführung der Arbeiten entsprechend Antrag mit folgenden Arbeitspaketen:

AP III, IV, V, VI und VIII;

Schwerpunkte: Inbetriebnahme der Dioden-Leistungslasieranlage, Verstärkte Untersuchung des Ausgasungsverhaltens schmelzender Betonproben, Untersuchung verschiedener Möglichkeiten der Reduzierung des Nuklidaustrags bzw. der lokalen Fixierung ausgetragener Nuklide, Werkstofftechnische Analyse der beim Laserabtrag erzeugten Partikelspektren.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

keine

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>TU München , Arcisstr. 21, 80290 München                              |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 8142</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Selektive Tritium-Extraktion aus Wasser und Bindung auf einen Träger |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen                    |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.08.2002 bis 31.07.2006  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>1.217.979,00 EUR   | <b>Projektleiter:</b><br>Prof. Dr. Türler             |   |

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte (AS) sind:

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



### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

An der Universität Regensburg wurden weiterführende Versuche mit der modifizierten Kryosublimationsapparatur bei Temperaturen von  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $-20^{\circ}\text{C}$  und  $-30^{\circ}\text{C}$  durchgeführt. Dabei konnte bei Experimenten mit HTO/H<sub>2</sub>O bestätigt werden, dass der Isotopieeffekt unterhalb des Gleichgewichtspartialdruckes praktisch verschwindet (AS 3). Allerdings konnte der erwartete Anstieg des Trennungsfaktors und die Stabilisierung bei einem bestimmten Wert bisher nicht nachgewiesen werden. Gründe hierfür werden im speziellen Aufbau der Apparatur vermutet und werden derzeit untersucht. Parallel zur Vervollständigung dieser Ergebnisse werden momentan die Planungen für die Untersuchungen des Isotopieeffektes bei der Gel-Filtration abgeschlossen (AS 3). Als Modellsubstanz wird zunächst DNA verwendet, da hierzu die experimentellen Voraussetzungen günstig erscheinen.

Am Institut für Radiochemie wurden die Fraktionierungsfaktoren von  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{AlF}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  und  $\text{FeO}(\text{OH})$  bestimmt. Die gefundenen Anreicherungsfaktoren haben die gleiche Größenordnung: 1.3 ( $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), 1.23 ( $\text{AlF}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) und 1.14 ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ) (AS 5). Für den geplanten Übergang von anorganischen zu organischen Verbindungen wurden die Anreicherungsfaktoren von Huminsäure und Malonsäure gemessen (AS 4 und 5). Für die Huminsäure hat sich ein Anreicherungsfaktor von 1.6 ergeben. Für Malonsäure, die als isolierte funktionelle Gruppe von Humin- und Fulvinsäure angesehen wurde, konnte keine Tritiumanreicherung gemessen werden. Die Versuche zur Untersuchung des Einflusses von Kationen und Anionen haben ergeben, dass die Grösse des Anions den Anreicherungsfaktor stärker zu beeinflussen scheint, als die Grösse des Kations. Für die untersuchten Salze NaF, NaI, CsF und CsI wurden Anreicherungsfaktoren von 1.43, 1.27, 1.93 und 1.14 gefunden. Der Anreicherungsfaktor bei Einsatz einer verdünnten HTO-Lösung beträgt ebenfalls 1.14.

Weiterhin wurde im Rahmen eines Studentenpraktikums eine Literaturstudie zur Anwendung einer modifizierten Elektrolysezelle untersucht. Die Kombination von bipolarer Elektrolyse mit der Verwendung von zwei unterschiedlichen Elektrodenmaterialien erscheint viel versprechend. Ein erster Entwurf für eine solche Zelle wurde angefertigt (AS 5).

### 4. Geplante Weiterarbeiten

In Regensburg sind weitere Versuche mit HTO/H<sub>2</sub>O Lösungen geplant. Die Versuche zur Gel-Filtration sind derzeit in Arbeit.

Zur Zeit wird der Anreicherungsfaktor von Fulvinsäure untersucht. Da Humin- und Fulvinsäure keine definierten Strukturen besitzen, ist eine Interpretation der erhaltenen Ergebnisse schwierig. Aus diesem Grund sollen Versuche mit künstlicher Huminsäure mit bekannter Protonenaustauschkapazität durchgeführt werden. Diese Ergebnisse sollen dann mit den Resultaten einer Referenzhuminsäure verglichen werden. Weiterhin sind erste Experimente mit biologischen Molekülen geplant.

Anhand des Entwurfs für die Elektrolysezelle soll ein Prototyp gebaut und im Rahmen einer Diplomarbeit erste Versuche mit unterschiedlichen Elektrodenmaterialien durchgeführt werden.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

keine

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Temp-<br>lergraben 55, 52056 Aachen   |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><br><b>02 S 8152</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Messmethoden zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle und zur Freimessung von Rest-<br>stoffen aus der Stilllegung kerntechnischer Anlagen (MESRAB) |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen   |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.08.2002 bis 31.07.2005   | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>250.156,00 EUR  | <b>Projektleiter:</b><br>Prof. Dr. Odoj               |   |

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

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

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Ermittlung der Leistungsfähigkeit der aktiven Neutronen-Messung zur zerstörungsfreien Bestimmung der Spaltmaterialmasse in radioaktiven Abfällen am ISR, Forschungszentrum Jülich (FZJ).
- Ermittlung der Leistungsfähigkeit der am ISR, Forschungszentrum Jülich (FZJ), eingesetzten zerstörenden Verfahren zur Bestimmung von H-3, Cl-36, C-14, Fe-55, Ni-63, Sr-90, I-129, Tc-99 und Aktiniden (U-235/236/238, Pu-238/239/240, Am-241, Cm-243/244) in Abfallproben. Dabei wurden die einzelnen Schritte - Probenahme, Probenaufbereitung, chemische Trennung, Vorbereitung von Messpräparaten - sowie die routinemäßig eingesetzten Messverfahren - Alpha/Beta Gesamtmessung, Gamma-Spektrometrie, Alpha-Spektrometrie, Flüssigszintillations-Spektrometrie (LSC) untersucht und bewertet.

- Erfassung der Daten über die am RCM, Technische Universität München (TUM), eingesetzten zerstörenden Verfahren zur Bestimmung von Radionukliden in Abfallproben.
- Erfassung der Daten über die bei HDB, HS und INE, Forschungszentrum Karlsruhe (FZK), eingesetzten zerstörungsfreien und zerstörenden Verfahren zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle und Freimessung von Reststoffen.
- Erfassung der Daten über die am VKTA, Rossendorf e. V., eingesetzten zerstörungsfreien und zerstörenden Verfahren zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle und Freimessung von Reststoffen.

Im Rahmen eines europäischen Forschungsvorhabens wurde bei ISR/FZJ ein aktives Neutronenmesssystem mit einer Sb-124/Be-9 Neutronenquelle zur *zerstörungsfreien* Bestimmung der Spaltmaterialmassen (U-235, Pu-239, Pu-241) in radioaktiven Abfälle weiterentwickelt und optimiert. Mit diesem System wird eine Unsicherheit von ca. 20 % für die Gesamtmassebestimmung (U-235 + Pu-239 + Pu-241) erreicht. Die Nachweisgrenze für U-235 in einem 200 l - Fass mit zementierten Abfällen liegt bei 160 mg (0.03 Bq/g). Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde auch die Leistungsfähigkeit eines aktiven Neutronenmesssystems mit der Li(p,n)Be-Reaktion als Neutronenquelle und unterschiedliche Anordnungen von Neutronendetektoren untersucht. In diesem Fall liegt die Unsicherheit für die Gesamtmassebestimmung zwischen 20 % und 54 %. Mit der günstigsten Anordnung zwischen der Neutronenquelle und den Detektoren wird eine Nachweisgrenze von 22 mg (0.004 Bq/g) für U-235 in einem 200 l - Fass mit zementierten Abfällen erreicht. Trotz einer hervorragenden Leistungsfähigkeit wird die aktive Neutronen-Messung derzeit nicht in der Routineinspektion von radioaktiven Abfallgebänden eingesetzt.

Bei der *zerstörenden* Analytik stellt die Repräsentativität der Probenahme das größte Problem dar. Für Abfallmatrizen mit einem sehr hohen Inhomogenitätsgrad kann die Repräsentativität der Probenahme nicht erfüllt werden. Es hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse bildgebender Verfahren - Digitaler Radiographie, Transmissions-Computertomographie und segmentiertes Gamma-Scanning – für die Planung einer optimierten Probennahmestrategie sehr hilfreich sind. Allgemein fehlt die Quantifizierung der Unsicherheit bei der Probenahme.

#### **4. Geplante Weiterarbeiten**

- Bewertung der am RCM (TUM), am HDB, HS und INE (FZK) und am VKTA eingesetzten zerstörungsfreien und zerstörenden Verfahren zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle und Freimessung von Reststoffen.
- Ermittlung des Standes von Wissenschaft und Technik der Gas-Analytik.
- Ermittlung des Standes von Wissenschaft und Technik der zerstörungsfreien Messverfahren in der EU.

#### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

keine

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Laserinstitut Mittelsachsen e.V., Technikumplatz 17,<br>09648 Mittweida   |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 8162</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen  |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.08.2002 bis 31.07.2005  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>371.385,00 EUR   | <b>Projektleiter:</b><br>Prof. Dr.-Ing. Exner         |   |

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Vorhabensziele:

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

Bezug zu anderen Vorhaben:

- Zusammenarbeit mit Technische Universität Dresden (TUD) Institut für Energietechnik Förderkennzeichen 02S8122

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

Arbeitspaket AP IV:

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

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

### **3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

- Weiterführende Arbeiten zur Ermittlung von Abtragstiefen, -breiten und -raten mittels CO<sub>2</sub>-, Nd:YAG- und Diodenlaserstrahlung mit verschiedenen Laserparametern und Einstellungen prozessrelevanter Größen.
- Vergleich der Ergebnisse der Schmelz- und Abtragsraten bei 1 kW Laserstrahlung, sowie Vergleich der Betonsorten bei gleicher Parametereinstellung.
- Ermittlung der Temperaturprofile in der Bearbeitungszone und Variation des Abtragregimes bezüglich der Taktzeiten.

#### Ergebnisse

Die verwendeten Betone zeigen unterschiedliche Verglasungsneigungen. Die Abprodukte des quarzischen Betons sind amorph, die des calcitischen Betons kristallin und die Abprodukte des gemischten Betons sind teils amorpher, teils kristalliner Struktur.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

- Analoge Durchführung der oben beschriebenen Untersuchungen mit höherer Laserleistung
- Übertragung der Ergebnisse auf Abtrag größerer Flächen
- Untersuchungen zur Erhöhung der Effizienz
- Weitergehende Analyse der Abprodukte (abgetragenes Material, Ausgasungen)
- Weiterentwicklung des Materialsammlers in Verbindung der späteren Konditionierung

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

keine

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Auftragnehmer:</b><br>STEAG encotec GmbH, Rüttenscheider Str. 1-3, 45128 Essen  |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 8172</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Entwicklung eines Konditionierungsverfahrens für Kernbrennstoffe aus dem Siemens-Unterrichts-Reaktor (SUR) |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen  |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.07.2002 bis 30.06.2006  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>1.465.899,00 EUR   | <b>Projektleiter:</b><br>Herr Taube                   |   |

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

Das Programm ist in folgende Arbeitspakete untergliedert:

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

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Im Rahmen des AP1 wurden die planerischen und praktischen Tätigkeiten fortgeführt. Für die Durchführung der Arbeiten muss bei RCM die vorhandene Genehmigung nach § 9 AtG entsprechend der erhöhten Umgangsmenge von Uran-235 angepasst werden. Diesbezüglich wurden Arbeiten zur Antragstellung und zum erforderlichen Sicherheitsbericht durchgeführt. Weiterhin wurde mit den praktischen Umbauarbeiten begonnen. Der Ofen zur Veraschung der Brennelementplatten wurde installiert und an die Lüftung angeschlossen.
- AP2: Die Festlegung der Verfahrensabläufe wurde detailliert erarbeitet. Hierzu gehören die Ausarbeitung der Anforderungen an das Uran-Produkt, das zum Blenden benötigte Natur-Uran, die Eingangskontrollen für die Brennelementplatten und das Blendmaterial, das mechanische Zerkleinern, die thermische Behandlung und die Parameter für das Blenden. Insbesondere die Möglichkeiten für das mechanische Zerkleinern von den Brennstoffplatten wurden untersucht.
- AP4: Die Abstimmung des Vertragsentwurfes bzgl. des Inhaberwechsels des Kernbrennstoffes einschl. der dazugehörigen Spezifikationen mit einem EVU wurde fortgesetzt. Der Vertragsentwurf bzgl. der Übereignung von Blendmaterial wurde mit beiden Parteien abgestimmt.
- AP5: Detailgespräche mit einem EVU, das Bereitschaft zeigt, den wieder gewonnenen Kernbrennstoff zu übernehmen, und einem Betrieb, der den konditionierten Kernbrennstoff für das EVU weiterverarbeitet, wurden fortgesetzt. Es fand ein Projektgespräch mit den beteiligten Stellen statt.

Eine wesentliche Randbedingung zur Durchführung dieses Projektes ist der Vollzug des Inhaberwechsels des konditionierten Kernbrennstoffes von den ehemaligen SUR-Betreibern zu einem EVU. Diese Randbedingung konnte auf der Grundlage von vertiefenden Detailgesprächen mit einem EVU geschaffen werden. Weiterhin konnte ein Betrieb, der den konditionierten Kernbrennstoff für das EVU verarbeitet, gewonnen werden.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: AP1: Die planerischen und praktischen Tätigkeiten zur Schaffung der genehmigungstechnischen Voraussetzungen sowie die Durchführung der Umbaumaßnahmen bei RCM werden fortgesetzt.
- AP2: Die Festlegungen zu den Verfahrensabläufen werden detailliert.
- AP4: Die Erstellungen der Vertragsentwürfe bzgl. des Inhaberwechsels des Kernbrennstoffes einschl. der dazugehörigen Spezifikationen und des Kaufes von Blendmaterial werden weiterentwickelt. Weitere Vertragsentwürfe (z.B. für die Konditionierung) werden in Angriff genommen.
- AP5: Es werden vertiefende Abstimmungsgespräche mit dem EVU unter Einbeziehung des Betriebes, das den konditionierten Kernbrennstoff weiterverarbeitet, durchgeführt, um die Randbedingungen für die Verträge einschl. der dazugehörigen Spezifikationen abschließend festzulegen.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

keine

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07740 Jena   |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 8182</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Untersuchungen zur Strahlenschutz-Vorsorge für radionuklidbelastetes Substrat: Mikrobieller Beitrag zur Bioakkumulation aus Bauschutt |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen   |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.07.2003 bis 30.06.2006   | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>599.999,00 EUR  | <b>Projektleiter:</b><br>Frau Prof. Dr. Kothe         |   |

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

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

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



### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Arbeiten im Labormaßstab dienen der Identifizierung geeigneter Mikroben. Es wurden bisher 75 Streptomyceten, 25 Bakterien und 15 Pilze identifiziert, ihre Schwermetallverträglichkeit getestet und die Klassifizierung teilweise durchgeführt.

Um das Vorkommen resistenter Stämme einer Kartierung von Mikrobenpopulationen auf dem belasteten Gelände zugänglich zu machen, wurden und werden die vorherrschenden Taxa\*) bestimmt. Die Bestimmung der Resistenz der identifizierten Organismen ist Ausgangspunkt für die Erzeugung von Starterkulturen für die Beimpfung von Gefäßversuchen. Die Starterkulturen werden dazu zunächst im Labormaßstab angezogen und auf ihre Fähigkeit zur Konkurrenz im Schutt/Rohkompost-Gemisch untersucht.

Um geeignete Bedingungen zu erzielen, wurden nach ersten Untersuchungen mit Schwermetallsalzen, die den Medien zugesetzt werden, auch bereits kontaminierter Bauschutt vom Standort mit den dort typischen Kontaminationsgemischen eingesetzt. Zur Untersuchung der Wirkung von Gemischen der Schadstoffe wurden auch direkt belastete Wässer der WISMUT eingesetzt.

Für ein mikrobielles Monitoring wurden bereits erste Identifikationschips in Auftrag gegeben und die Methode in einem Pilotversuch erprobt. Damit sollen die eingebrachten Mikroben dann im Substrat über die Versuchszeiträume hinweg nachgewiesen werden. Das ist essentiell, um die Nachhaltigkeit der eingesetzten Starterkulturen zu überwachen. Das technische Vorgehen wird dann auch erlauben, mit denselben Methoden der CHIP-Hybridisierung nach resistenten Mikroben zu suchen und so ein mikrobielles Monitoring auch an anderen Standorten einzuführen.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Wie geplant sollen die Identifizierung und Etablierung eines Monitoring weiter verfolgt werden:

- 2003/7-2004/2: Probennahme und Anzucht von Bodenmikroben. Literaturarbeiten und Datenbankanalysen zur Planung der Chips für das mikrobielle Monitoring. Design der Chips.
- 2004/3-5: Sequenzanalysen zur Bestimmung und Identifizierung in Proben vom Standort zur Kartierung.
- 2004/4-6: Schwermetalltoleranz der identifizierten Arten. Etablieren des mikrobiellen Monitoring auf Grundlage der spezifischen Sequenzen
- 2004/7: Bericht zur Identifizierung von Mikroben in Laborversuchen

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

keine

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstr. 23, 35359 Gießen                 |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 8192</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Workshop „Radiation Research – Science for the future“                       |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i> |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.09.2002 bis 31.12.2003  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>37.344,00 EUR  | <b>Projektleiter:</b><br>Prof. Dr. Kiefer             |   |

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Der Workshop hatte das Ziel, eine Bestandaufnahme zur Bedeutung der Strahlenforschung in den „Life Sciences“ zu erstellen und Perspektiven für die Zukunft aufzuzeigen. Dieses Ziel wurde erreicht. Die Ergebnisse sollen als Tagungsband veröffentlicht werden.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Workshopvorbereitung (Einladung von Experten im In- und Ausland).
- Durchführung des Workshops (3.-7.10.2002 am Strahlencentrum der Universität Gießen).
- Erstellung des Tagungsbandes als PDF-Datei.
- Veröffentlichung des Tagungsbandes im Springer-Verlag, Heidelberg.

### **3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

- Durchführung des Workshops
- Kritische Durchsicht der eingegangenen Manuskripts und Durchführung notwendiger Korrekturen
- Vorbereitung der Manuskripts als PDF-File zur Erstellung der Druckvorlage
- Fertigstellung des Tagungsbandes und Publikation

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Alle Arbeiten sind erfolgreich abgeschlossen. Das Vorhaben ist beendet.

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

Der Tagungsband ist erschienen:

Kiefer, J. (ed.): Life Sciences and Radiation, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 2004, 285 S, ISBN 3-540-20478-4

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Universität des Saarlandes, Im Stadtwald, 66041 Saarbrücken                   |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 8132</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung                  |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i> |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.08.2002 bis 31.07.2005  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>495.416,00 EUR   | <b>Projektleiter:</b><br>Prof. Dr. Löbrich            |   |

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

Das Gesamtvorhaben wird in 8 Arbeitspakete eingeteilt:

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

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

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

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Es wurden weiterführende Studien zum Reparaturverhalten verschiedener humaner Mutanten mit unterschiedlichen Defekten in der DNA-Doppelstrangbruchreparatur durchgeführt (1, 2, 4). Dabei konnte gezeigt werden, dass die hohe Strahlenempfindlichkeit von Zellen mit einem Defekt im ATM-Gen, dem mutierten Gen von Patienten mit der Krankheit Ataxia Telangiectasia (AT), durch die eingeschränkte Reparaturfähigkeit bedingt ist. Weiterhin wurde in mechanistischen Studien zur Untersuchung des initialen Phosphorylierungsschrittes des Histons H2AX (3) gezeigt, dass entweder ATM oder die katalytische Untereinheit der DNA-PK unbedingt für die Initialisierung der Schadensantwort notwendig sind.

Um den Reparaturmechanismus nach  $\alpha$ -Teilchen-Bestrahlung aufzuklären, wurden zusätzlich zu den Untersuchungen in reparaturprofizienten Zellen (siehe letzten Zwischenbericht) die korrekte und die Gesamt-reparatur von DSBs nach Niedrigdosisleistungsbestrahlung mit  $\alpha$ -Teilchen in einer Zelllinie mit einem Defekt im NHEJ-Weg bestimmt. Dieser Reparaturweg ist der entscheidende Mechanismus zur Reparatur

von DSBs nach Röntgen- und  $\gamma$ -Bestrahlung. Nach einer  $\gamma$ -Niedrigdosisleistungsbestrahlung reparieren die NHEJ-defizienten Zellen alle induzierten DSBs (2). Allerdings bleiben nach einer Niedrigdosisleistungsbestrahlung mit  $\alpha$ -Teilchen mehr als die Hälfte der induzierten DSBs in diesen Zellen unrepariert, wohingegen die Wildtypzellen auch hier eine vollständige Reparatur zeigen. Dies bedeutet somit, dass für die Reparatur von DSBs, die durch den Durchgang von  $\alpha$ -Teilchen entstanden sind, NHEJ benötigt wird. Auch für die korrekte Reparatur nach  $\alpha$ -Niedrigdosisleistungsbestrahlung wird NHEJ benötigt, da Untersuchungen gezeigt haben, dass die korrekte Reparatur in den reparaturdefizienten Zellen gegenüber den Wildtypzellen stark eingeschränkt ist. Somit geht aus den Untersuchungen hervor, dass durch  $\alpha$ -Teilchen induzierte DSBs über dieselben Mechanismen repariert werden wie durch Röntgen- oder  $\gamma$ -Bestrahlung erzeugte DSBs.

Die DSB-Reparaturfähigkeit wird von strukturellen und funktionellen Eigenschaften des Genoms beeinflusst und unterscheidet sich von transkriptionsaktiven zu -inaktiven oder von genarmen zu genreichen Regionen. Ebenso könnten Bruchstellen, die in Tumorzellen charakterisiert wurden und spezielle Sequenzabfolgen aufweisen, so genannte „Fragile Sites“, besonders zur Fehlreparatur neigen. Um die Abhängigkeit der DSB-Reparaturfähigkeit von den genannten Parametern zu untersuchen, wurden primäre humane Fibroblasten mit Röntgenstrahlung behandelt und zur Reparatur inkubiert. Auf Grund seiner Größe und dem Vorliegen aller zu untersuchenden strukturellen und funktionellen Aspekte bietet sich Chromosom 1 als modellhaftes Untersuchungsobjekt an. Die intrachromosomalen Veränderungen werden mittels dem Multicolour-Banding-Verfahren (mBAND) gemessen, so dass genomische Rearrangements im Größenbereich von ca. 10 Mbp optisch sichtbar gemacht und mit der Bruchhäufigkeit korreliert werden können. In ersten Experimenten zeigte sich, dass ungefähr die Hälfte der fehlreparierten DSBs in wenigen chromosomalen Banden zentromernaher Genombereiche liegen, in denen auch in Tumorzellen gehäuft „Fragile Sites“ gefunden wurden.

Neben den beschriebenen Mutationsuntersuchungen nach akuter Röntgenbestrahlung und akuter Bestrahlung mit  $\alpha$ -Teilchen wurde über den Ansatz einer fraktionierten Bestrahlung die Auswirkung vergleichsweise niedriger Strahlendosen im Bezug auf die Mutationsentstehung am HPRT-Gen untersucht. Dabei entspricht der fraktionierte Ansatz mehr oder weniger einer kontinuierlichen Bestrahlung mit niedriger Dosisleistung (Arbeitspaket 8). Es wurde dabei beobachtet, dass die Mutationsfrequenz mit sinkender Dosis beträchtlich abfällt und bei gleicher applizierter Gesamtdosis weniger Mutanten entstehen, wenn fraktioniert anstelle akut bestrahlt wird. Da möglicherweise die kontinuierliche Bestrahlungsmethode auch einen Einfluss auf das Spektrum der induzierten Mutationen hat, werden gegenwärtig die isolierten Mutanten mit den etablierten Verfahren molekular analysiert und charakterisiert. Dabei soll insbesondere das Mutationsmuster der kontinuierlichen Bestrahlung mit dem Mutationsmuster der akuten Bestrahlung verglichen werden.

#### 4. Geplante Weiterarbeiten

Im Arbeitspaket 6 wurde zur Überprüfung der Korrelation der Bruchhäufigkeit mit genomischen Rearrangements das niedrig auflösende mBAND-Verfahren verwendet. Da aber eine einzelne Bande mehrere Gene als auch nicht-kodierende Regionen enthält, wird zur Erhöhung der Auflösung die Methode der Southern Hybridisierung eingesetzt. Mit spezifischen Sonden gegen transkriptionsaktive und -inaktive Bereiche, die zur Zeit etabliert werden, können Untersuchungen zur Fehlreparatur durchgeführt werden. Hierbei werden Restriktionsfragmente von 0,2 bis 2 Mbp analysiert und mit den strukturellen und funktionellen Eigenschaften der jeweiligen Genomregion korreliert.

Nachdem für das Arbeitspaket 8 das Mutationsspektrum bestimmt werden konnte, kann darüber Aufschluss gegeben werden, ob die durch niedrige Strahlendosen und niedrige Dosisleistungen induzierten Läsionen durch die gleichen molekularen Mechanismen und mit der gleichen Effektivität repariert werden wie DNA-Schäden, die durch normale zelluläre Vorgänge hervorgerufen werden. Aus diesem Grund ist es von fundamentaler Bedeutung, das Spektrum spontaner, ohne Strahleneinwirkung induzierter Mutanten zu charakterisieren und mit dem Spektrum strahleninduzierter Mutationen quantitativ und qualitativ zu vergleichen.

#### 5. Berichte, Veröffentlichungen

- (1) Rothkamm, K., Krüger, I., Thompson, L.H. and Löbrich, M. (2003) *Mol. Cell. Biol.* 23, 5706-5715
- (2) Kühne, M., Riballo, E., Rief, N., Rothkamm, K., Jeggo, P.A. and Löbrich, M. *Cancer Res.* 64 (2) Ausgabe 15. Januar
- (3) Stiff, T., O'Driscoll, M., Rief, N., Iwabuchi K., Löbrich, M. and Jeggo P.A. *Cancer Res.*, under revision
- (4) Riballo, E., Rief, N., Kühne, M. et al., to be submitted

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Planckstraße 1,<br>64278 Darmstadt |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><br><b>02 S 8203</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Genetische Wirkung dicht ionisierender Strahlen                              |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i> |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.07.2003 bis 30.06.2007  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.07.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>1.357.473,00 EUR   | <b>Projektleiter:</b><br>Prof. Dr. Kraft / Dr. Ritter |   |

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen des Projekts sollen Daten zur Abschätzung der relativen biologischen Wirksamkeit von dicht ionisierender Strahlung für die Induktion genetischer Veränderungen im Menschen gewonnen werden. Hierzu werden Experimente mit primären menschlichen Zellen an den Beschleunigern der GSI durchgeführt, genetische Veränderungen an hand von Chromosomenschäden gemessen und für die Exposition von Menschen extrapoliert. Die Extrapolation wird anschließend anhand von Werten aus Patientenbestrahlungen überprüft. Dieser direkte Vergleich kann derzeit nur an der GSI in Darmstadt sowie in Japan erfolgen. In die Untersuchung werden weitere Parameter, die die Expression genetischer Schaden beeinflussen können, mit einbezogen.

Das Projekt trägt wesentlich zum Kompetenzerhalt in der Strahlenforschung bei. Dies ist zum Beispiel für neue Projekte, wie der Einrichtung einer Strahlentherapie mit leichten Ionen in Heidelberg, dringend erforderlich.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

**GSI Darmstadt (GSI):** Untersuchung der Induktion und Transmission von Chromosomenschäden in menschlichen T-Lymphozyten und Hautfibroblasten nach in vitro Bestrahlung mit Teilchenstrahlen.

**Universität Göttingen (Gö):** Untersuchungen zur Expression von Chromosomenschäden in T-Lymphozyten nach einer in vivo Bestrahlung mit Kohlenstoffionen oder Röntgenstrahlen.

**Technische Universität Darmstadt (TUD):** Untersuchungen zur Strahlenempfindlichkeit von T- und B-Lymphozyten gegenüber dicht ionisierender Strahlung.

**Universitätsklinik Mannheim (MA):** Untersuchungen zur strahleninduzierten genetischen Stabilität/Instabilität in Lymphozyten anhand der Messung der Telomeraseaktivität und der Bestimmung von Chromosomenschäden.

### **3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

Die für das Projekt eingestellten Doktoranden und Postdocs wurden in Methoden der Zellbiologie, Zytogenetik und Molekularbiologie eingearbeitet. Darüber hinaus wurden folgende Messmethoden etabliert und standardisiert: Telomeraseassay (MA), Apoptosebestimmung (GSI, Gö), ELISA-Technik (TUD), Chromosomenanalyse (GSI, Gö), Proteinexpression (GSI).

In ersten Bestrahlungsexperimenten wurden in vitro kultivierten Zellen mit Röntgenstrahlen (Gö, GSI) und Kohlenstoffionen (GSI) bestrahlt.

Darüber hinaus wurde an der Universität Heidelberg sowie an der Universität Göttingen ein Antrag zur Durchführung einer klinischen Studie gestellt. Beide Ethikkommissionen haben keine Bedenken gegen das Vorhaben, so dass im November und Dezember 2003 schon erste Blutproben für Vorversuche entnommen werden konnten (Gö).

Eine Mitarbeiterin des Projektes (Gö) hat erfolgreich an einem Kurs zur Erlangung der Fachkunde Strahlenschutz (2 Wochen) mit abschließender Prüfung teilgenommen.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Im Rahmen der klinischen Studie sollen Blutproben gesammelt und ausgewertet werden (MA, Gö). Schwerpunkt ist hierbei die Untersuchung von Lymphozyten von Prostatakarzinom Patienten, die mit 2 unterschiedlich großen Bestrahlungsfeldern behandelt werden. Blut soll vor Therapiebeginn, mitten in der Therapie (3 Wochen später) sowie nach der Therapie (6 Wochen später) entnommen werden. Vor der Therapie wird sowohl das unbestrahlte Blut als auch das mit  $D = 3$  Gy in vitro bestrahlte Blut untersucht. Außerdem werden strahleninduzierte Chromosomenaberrationen unter Verwendung der FISH-Methode untersucht. Für die Analyse werden Chromosomen Nr.2 und Nr.4 gleichzeitig gemessen.

Die in vitro Experimente werden fortgesetzt mit den Schwerpunkten Zellproliferation und Genexpression (TUD, GSI), Apoptose (GSI, Gö) sowie Messung strahleninduzierter Chromosomenschäden (GSI). Für die Versuche werden vor allem menschliche Lymphozyten verwendet, darüber hinaus aber auch normale menschliche Hautfibroblasten.

Erste Ergebnisse sollen im Verlauf des Jahres 2004 auf nationalen und internationalen Konferenzen vorgestellt werden.

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

Liegen noch nicht vor, da das Projekt erst im 2. Halbjahr 2003 begonnen wurde. Erste Ergebnisse werden im Jahresbericht der GSI (GSI-Report 2004-1) veröffentlicht.

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Universitätsklinikum Düsseldorf, Moorenstraße 5, 40001 Düsseldorf   |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><b>02 S 8213</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Mechanismen der Zytotoxizität durch Alpha-Strahlung in humanen normalen und malignen hämatopoetischen Zellen |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>                                 |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.08.2003 bis 31.07.2006  | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.08.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>737.782,00 EUR   | <b>Projektleiter:</b><br>Prof. Dr. Haas               |   |

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Schwerpunkte des Vorhabens sind radiobiologische Forschung und Grundlagenforschung auf molekularer Ebene zur Aufklärung des Phänomens der Schädigung/Zerstörung menschlicher normaler und maligner blutbildender Zellen durch Alpha-Strahlung. Die Untersuchungen bei gesunden Probanden und Patienten mit akuten oder chronischen Leukämien werden auf Gen-Expressionsebene mittels DNA-Arrays und Protein-Chips durchgeführt und mit funktionellen Tests für Zellzyklus, Zellproliferation, Apoptose-Induktion ergänzt. Bei Patienten mit malignem Non-Hodgkin-Lymphom, die eine Alpha-Radioimmuntherapie erhalten, werden Genexpressionsprofile von hämatopoetischen Stammzellen sowie B-Lymphozyten erstellt, um die Nebenwirkungen dieser Behandlungsart zu definieren. Das Ziel der Charakterisierung der molekularen Mechanismen der Strahlenwirkung ist ein besseres Verständnis der durch Alpha-Strahlung induzierten Krebsentstehung, die molekulare Aufklärung der therapeutischen Wirkung einer Alpha-Bestrahlung und die Optimierung der Indikationsstellung für eine Radiotherapie.

Unterauftragnehmer ist das Institut für Transurane (ITU), Europäische Kommission, Gemeinsame Forschungsstelle Karlsruhe

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

**AP 1:** Charakterisierung des molekularen Phänotyps der mit Alpha-bestrahlten normalen humanen hämatopoetischen Zellen aus dem Knochenmark und peripherem Blut.

Mit Affymetrix Arrays werden Genexpressionsprofile vor und nach Alpha-Bestrahlung erstellt, um intraindividuell die strahleninduzierten Veränderungen zu charakterisieren. Es werden solche Gene definiert, die bei niedrigen Strahlendosen induziert werden und solche, die bei hohen Dosen transkriptionell aktiviert werden. Die Dosisabhängigkeit der Geninduktion wird dadurch untersucht. Ein zeitabhängiges Muster der Geninduktion wird ebenfalls erstellt.

**AP 2:** Die Wirkungen der Alpha-Strahlung auf maligne hämatopoetische Zellen, die aus dem Knochenmark und peripheren Blut von Patienten mit akuter myeloischer Leukämie oder chronischer lymphatischer Leukämie entstammen, werden mittels Genexpressionsanalysen mit Affymetrix Arrays untersucht.

**AP 3:** Die Untersuchungsergebnisse der Genexpression auf mRNA Ebene nach einer Alpha-Bestrahlung in normalen (AP 1) und malignen (AP 2) hämatopoetischen Zellen werden mit dem Nachweis der entsprechenden Proteine mittels Antikörper-Microarrays in Beziehung gesetzt.

**AP 4:** Funktionsanalysen der Alpha-bestrahlten normalen und malignen Zellen werden durchgeführt. Der Phänotyp, die Proliferationsfähigkeit, die Apoptose-Rate werden charakterisiert. Zellzyklus-Analysen werden durchgeführt.

Die identifizierten Kandidatengene werden mittels quantitativer real-time RT-PCR (LightCycler-Technologie) bestätigt und näher untersucht.

**AP 5:** Prinzipien und Mechanismen der radioprotektiven Wirkung gegenüber Alpha-Strahlung werden definiert.

Nach Identifikation signifikant differentiell exprimierter Gene als Funktion von Strahlendosis, wird der



Einfluss radioprotektiver Substanzen auf das Genexpressionsmuster untersucht.

**AP 6:** Bei Patienten mit chronischer lymphatischer Leukämie, Non-Hodgkin-Lymphom oder multiplen Myelom, die eine Alpha-Radioimmuntherapie mit  $^{213}\text{Bi}$ -gekoppelten anti-CD20 monoklonalen Antikörpern bekommen, werden die hämatopoetischen Stammzellen aus dem Knochenmark nach Abschluss der Behandlung mittels Genexpressionsanalyse untersucht. Auf diese Weise sollen die Nebenwirkungen der Alpha-Radioimmuntherapie auf die Blutbildung nach einer derartigen Behandlung definiert werden.

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

#### AP 1 – AP 6

**UKD:** Die Affymetrix-Chip-Technologie wurde für die Analyse immunmagnetisch angereicherter hämatopoetischer Zellen etabliert. Es ist jetzt möglich, aus 2 µg Gesamt-RNA einen Chip mit ausreichender Qualität zu hybridisieren. Im Rahmen einer Kooperation mit der Arbeitsgruppe von Dr. Brors am Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg wurde begonnen, die bioinformatische Auswertung der Affymetrix-Chips in Düsseldorf zu etablieren. Hierfür war ein Mitarbeiter dieses Projekts für 2 Wochen in Heidelberg und hat verschiedene Normalisierungsmethoden (VSN, RMA, MAS) sowie Permutationsanalysen (SAM-Software) zur Identifikation signifikant differentiell exprimierter Gene erlernt. Diese Methoden können inzwischen selbständig in Düsseldorf durchgeführt werden.

**ITU:** Zur Chelatierung der Antikörper: für die Alpha-Bestrahlung der Zellen wurden monoklonale Antikörper mit dem CHX-A''-DTPA-Chelator gekoppelt, der das Radionuklid ( $^{213}\text{Bi}$ ) an das Antikörpermolekül binden kann.

**ITU/** Der Handschuhkasten für die Handhabung von Alpha-emittierenden Nukliden

**UKD:** wurde in Düsseldorf in Betrieb genommen. Gamma-Zähler und Ionisationskammer wurden für die  $^{213}\text{Bi}$ -Quantifizierung kalibriert.

Ein Ac/Bi Generator wurde produziert, installiert und die radioaktive Markierung der Antikörper durchgeführt.

#### AP 3, AP 4

**ITU:** Bevor Zellen von gesunden Probanden oder Patienten mit Lymphom untersucht werden, wurden Versuche mit Zelllinien durchgeführt.

Die menschliche Lymphomzelllinie K422 wurde kultiviert und mit  $^{213}\text{Bi}$  bestrahlt. Die Wirkung des  $^{213}\text{Bi}$ -anti-CD20-Konstrukts wurde mit der des freien  $^{213}\text{Bi}$  und mit der der nicht-markierten anti-CD20 Antikörper verglichen.

Um die Dosisabhängigkeit der Strahlungswirkung zu untersuchen, wurden Bestrahlungsdosen zwischen 5 und 300 µCi eingesetzt. Die Zeitabhängigkeit der Strahlungswirkung wurde durch unterschiedliche Expositionszeiten, zwischen 45 min und 18 Stunden untersucht.

Die durch Bestrahlung induzierte Apoptose wurde mittels Annexin V/ Propidium Iodid-Färbung gemessen. Eine durchflusszytometrische Methode zur quantitativen Bestimmung der Apoptose-assoziierten Proteine Caspase-3, Bcl-2 und PARP wurde etabliert.

#### AP 6

**UKD/** Die notwendigen Genehmigungen für die Durchführung der Alpha-Radio-

**ITU:** immuntherapiestudie in Düsseldorf liegen vor. Der monoklonale Antikörper Rituximab für die klinische Studie wurde mit dem CHX-A''-DTPA-Chelator gekoppelt. Eine Probemarkierung mit radioaktivem  $^{213}\text{Bi}$  wurde durchgeführt.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Die bereits durchgeführten Versuchen werden auf Leukämie-Zelllinien und auf hämatopoetischen Zellen aus dem peripheren Blut oder dem Knochenmark von gesunden Spendern oder Patienten mit malignem Non-Hodgkin-Lymphom erweitert. Genexpressionsprofile, Proteom-Untersuchungen und Funktionstests werden durchgeführt. Die Wirkung von Radioprotektoren, sowie die Nebenwirkungen der Alpha-Immunotherapie auf normalen hämatopoetischen Stammzellen werden untersucht.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

keine

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>Zuwendungsempfänger:</b><br>Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), Kaiserstraße 12,<br>76128 Karlsruhe                |   | <b>Förderkennzeichen:</b><br><br><b>02 S 8223</b> |
| <b>Vorhabensbezeichnung:</b><br>Inaktivierung von Mdm2 nach ionisierender Strahlung – Aufklärung der Signaltransduktionskette |   |   |
| <b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b><br>Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>                  |   |   |
| <b>Laufzeit des Vorhabens:</b><br>01.06.2003 bis 31.05.2007   | <b>Berichtszeitraum:</b><br>01.06.2003 bis 31.12.2003 |   |
| <b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b><br>737.782,00 EUR  | <b>Projektleiter:</b><br>Prof. Herrlich               |   |

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

**Gesamtziel:** Untersuchung der Übertragungswege, die nach Doppelstrangbrüchen angeschaltet werden und zur Inhibierung des Mdm2 Proteins und damit zur Zunahme des p53 Proteins führen.

- Identifizierung des Enzyms, das die Glykogen Synthase Kinase 3 (GSK-3) nach ionisierender Strahlung an Serin 9 phosphoryliert
- Untersuchung der Translokation der Kasein Kinase 1 delta (CKI $\delta$ ) in den Zellkern
- Untersuchung der Beteiligung von CKI $\delta$  an der p53 Stabilisierung nach ionisierender Strahlung.

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

### **Wissenschaftl. und /oder technische Ziele:**

- Aufklärung der Signaltransduktionskette, die nach ionisierender Strahlung angeschaltet wird und zur Zunahme des p53 Proteins führt.
- Identifizierung neuer Zielproteine, die für eine Verbesserung der Krebstherapie verwertet werden können.

Bezug zu anderen Arbeiten: Die Stabilisierung des p53 Proteins ist ein Schwerpunktthema der Arbeitssubgruppe Blattner am Institut für Toxikologie und Genetik. In dieser Arbeitsgruppe wurde bereits die Rolle von GSK-3 als Signalmolekül bei der Übertragung der Information über Doppelstrangbrüche an das Mdm2 Protein identifiziert. Ionisierender Strahlung führt zu einer Verminderung der Anzahl an Phosphatresten des Mdm2 Proteins, die jedoch für den Abbau des p53 Proteins entscheidend sind. Der Abbau des p53 Proteins ist wichtig für die Zelle, da sie nur in Gegenwart geringer Mengen des p53 Proteins überleben und sich teilen kann. In Gegenwart von DNA Schäden ist die Zellteilung jedoch unerwünscht. Die Mengenzunahme des p53 Proteins verhindert, dass sich die Zelle in Gegenwart von DNA Schäden teilt. GSK-3 phosphoryliert das Mdm2 Protein an Stellen, an denen nach ionisierender Strahlung Phosphatreste fehlen. Ionisierende Strahlung führt zur Inaktivierung von GSK-3.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- A.1: Identifizierung der GSK-3 Kinase
- A.2: Analyse der Aktivierung der GSK-3 Kinase

- B.1: Analyse des Mechanismus der CKI $\delta$  Translokation
- B.1.1: Analyse strahleninduzierter Phosphorylierungen
- B.1.2: Analyse strahleninduzierter Sumoylierung
- B.2: Analyse der Signaltransduktion, die der Translokation zugrunde liegt
- B.3: Analyse der CKI $\delta$  Zielgene

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Aufgrund der Kürze der Zeit und der Personalprobleme s.u. war es nicht möglich die Experimente so häufig zu wiederholen, wie es notwendig gewesen wäre um gesicherte Daten zu erhalten. Alle Ergebnisse sind deshalb als vorläufig zu betrachten.

zu A: Um die GSK-3 Kinase zu identifizieren wurden mehrere "in-gel-kinase-assays" durchgeführt. Bei diesen Assays wird das GSK-3 Protein in ein Gel polymerisiert. Anschließend werden Zellextrakte über dieses Gel aufgetrennt. In Gegenwart von geeigneten Pufferbedingungen phosphorylieren vorhandene Kinase nach Zugaben von radioaktivem ATP GSK-3, was sich dann anhand einer Schwarzfärbung an der Position der Kinase auf einem Röntgenfilm detektieren lässt. Aufgrund dieser Experimente vermuten wir, dass die Kinase PKB in die Phosphorylierung von Serin9 nach ionisierender Strahlung involviert ist. Darüber hinaus haben wir eine Zelllinie hergestellt, bei der die Menge an CKI $\delta$  experimentell signifikant reduziert wurde. In dieser Zelllinie konnten wir keine Phosphorylierung von GSK-3 durch ionisierende Strahlung mehr feststellen. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass CKI $\delta$  an der Signaltransduktion, die zur Phosphorylierung von GSK-3 führt, beteiligt ist.

Wir untersuchten weiterhin, ob GSK-3 ein mögliches Zielgen in der Krebstherapie sein könnte. Die Behandlung von Tumorzelllinien mit Inhibitoren von GSK-3 führte dabei selektiv zum Absterben der Tumorzellen.

zu B: Erste Ergebnisse lassen vermuten, dass CKI $\delta$  in Zellen durch das Protein Sumo modifiziert (sumoyliert) werden kann. Diese Sumoylierung scheint nach ionisierender Strahlung verstärkt zu sein.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Die vorläufigen Ergebnisse aus Abschnitt 3 sollen im nachfolgenden Zeitraum verifiziert werden. Daneben soll untersucht werden ob PKB GSK-3 nach ionisierender Strahlung phosphoryliert. Dazu soll die Phosphorylierung von GSK-3 in Gegenwart von synthetischen PKB Inhibitoren untersucht werden. Ferner sollen Zellextrakte von bestrahlten und nicht bestrahlten Zellen säulenchromatographisch aufgereinigt und auf Phosphorylierung von Serin 9 von GSK-3 untersucht werden. CKI $\delta$  soll ferner im nachfolgenden Berichtszeitraum auf strahleninduzierte Phosphorylierungen untersucht werden.

Inhibitoren von GSK-3 sollen im Mausmodell auf eine antitumorale Wirkung untersucht werden.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Glockzin S, Ogi F, Hengstermann A, Scheffner M, and Blattner C. 2003, Stabilization of polyubiquitinated forms of p53 by the DNA repair protein hHR23. *Mol. Cell. Biol.*, 23, 8960-8969.



## 2.3 Ausführende Forschungsstellen

- |  |   |    |
|--|---|----|
| <b>Brenk Systemplanung, Heider-Hof-Weg 23, 52035 Aachen</b>  |   |    |
| 02 S 7900  | Verbundprojekt: Kontaminierter Beton: Betonfreigabe - Betonrezyklierung   | 38 |
| 02 S 8031  | Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation  | 52 |
| <b>Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Unter den Eichen 87, 12200 Berlin</b>         |   |    |
| 02 S 8021  | Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen -Weiterführende Untersuchungen (EBER III)-  | 50 |
| <b>DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31202 Peine</b>   |   |    |
| 02 S 8112  | Abdichtung von Wegsamkeiten in Salzformationen mit kristallisierenden Evaporitmaterialen (AISKRISTALL)  | 68 |
| <b>Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52425 Jülich</b>                                |   |    |
| 02 S 8061  | Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation  | 58 |
| 02 S 8091  | Verbundprojekt: Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen | 64 |
| <b>Friedrich-Schiller-Universität, Fürstengraben 1, 07743 Jena</b>                                       |   |    |
| 02 S 8182  | Untersuchungen zur Strahlenschutz-Vorsorge für radionuklidbelastetes Substrat: Mikrobieller Beitrag zur Bioakkumulation aus Bauschutt   | 80 |
| <b>Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Planckstraße 1, 64278 Darmstadt</b>                        |   |    |
| 02 S 8203  | Genetische Wirkung dicht ionisierender Strahlen - <i>Strahlenforschung</i>  | 86 |
| <b>GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg</b> |   |    |
| 02 S 8001  | Sonderaufgaben zur Schließung der Schachtanlage Asse: Dokumentation und Archivierung von FE-Unterlagen  | 46 |
| <b>Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstr. 23, 35359 Gießen</b>                                     |   |    |
| 02 S 8192  | Workshop „Radiation Research – Science for the future“ - <i>Strahlenforschung</i>   | 82 |
| <b>Laserinstitut Mittelsachsen e.V., Technikumplatz 17, 09648 Mittweida</b>                              |   |    |
| 02 S 8162  | Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung  | 76 |
| <b>Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Templergraben 55, 52056 Aachen</b>               |   |    |
| 02 S 8071  | Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation  | 60 |
| 02 S 8152  | Messmethoden zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle und zur Freimessung von Reststoffen aus der Stilllegung kerntechnischer Anlagen (MESRAB)  | 74 |

- |   |   |    |
|---|---|----|
| <b>Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstr. 45, 47719 Krefeld</b> |   |    |
| 02 S 8011   | Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen -Weiterführende Untersuchungen (FORM III)-  | 48 |
| 02 S 8041   | Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation  | 54 |
| <b>STEAG encotec GmbH, Rüttenscheider Str. 1-3, 45128 Essen</b>           |   |    |
| 02 S 8172   | Entwicklung eines Konditionierungsverfahrens für Kernbrennstoffe aus dem Siemens-Unterrichts-Reaktor (SUR)  | 78 |
| <b>Technische Universität Dresden, Mommsenstr. 13, 01062 Dresden</b>      |   |    |
| 02 S 8122   | Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung  | 70 |
| <b>Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München</b>      |   |    |
| 02 S 7951   | Entsorgung von Beryllium / Berylliumoxid und Cadmium aus Forschungsreaktoren  | 42 |
| 02 S 8081   | Verbundprojekt: Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen | 62 |
| 02 S 8142   | Selektive Tritium-Extraktion aus Wasser und Bindung auf einen Träger  | 72 |
| <b>Universität Hannover, Welfengarten 1, 30060 Hannover</b>               |   |    |
| 02 S 7991   | Entwicklung emissionsarmer und kostengünstiger Verfahrens- und Handhabungstechniken für Dekontaminations- und Abtragverfahren   | 44 |
| 02 S 8102   | Erweiterung der Einsatzgrenzen modularer Schneidtechnologien für den kostengünstigen Rückbau kerntechnischer Anlagen, EMOS  | 66 |
| <b>Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), 76128 Karlsruhe</b>        |   |    |
| 02 S 7910   | Verbundprojekt: Kontaminierter Beton: Rückbau kerntechnischer Anlagen - Eindringen von Radionukliden in Betonoberflächen und Freisetzung eingedrungener Aktivität aus Bauschutt und Beton             | 40 |
| 02 S 8223   | Inaktivierung von Mdm2 nach ionisierender Strahlung – Aufklärung der Signaltransduktionskette - <i>Strahlenforschung</i>  | 90 |
| <b>Universität des Saarlandes, Im Stadtwald, 66421 Saarbrücken</b>        |   |    |
| 02 S 8132   | Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung - <i>Strahlenforschung</i>  | 84 |
| <b>Universitätsklinikum Düsseldorf, Moorenstraße 5, 40001 Düsseldorf</b>  |   |    |
| 02 S 8213   | Mechanismen der Zytotoxizität durch Alpha-Strahlung in humanen normalen und malignen hämatopoetischen Zellen - <i>Strahlenforschung</i>   | 88 |
| <b>Wismut GmbH, Jagdschänkenstraße 29, 09117 Chemnitz</b>                 |   |    |
| 02 S 8051   | Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation  | 56 |