

**Forschungszentrum Karlsruhe  
in der Helmholtz-Gemeinschaft**

**PTE-S Nr. 6**

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

**Berichtszeitraum: 01. Januar - 30. Juni 2003**

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

**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH**  
September 2003



## **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>91</b>



# **1 Stilllegungsprojekte des BMBF**

## **1.1 FZ Jülich**

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Forschungszentrum Jülich GmbH, Postfach 36 40, 76021 Jülich	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Stilllegung und Abbau des Forschungsreaktors FRJ-1 (MERLIN)	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 1996 bis 2005	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 21,82 Mio. €	<b>Projektleiter:</b> 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 2. ergeben, sind vollständig abgeschlossen.

## 2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Die Arbeiten zum Abbau des oberen Bauabschnitts vom Reaktorblock wurden im März 2003 abgeschlossen. Hierbei hat sich der Abbaubagger mit Felsmeißel als primär geeignetes Abbauwerkzeug erwiesen. Mit ihm wurden der biologische Schild und der größte Teil der Aluminium-, Stahl- und Bleikomponenten im Reaktorblock abgebaut. Daneben kamen thermische und mechanische (z.B. verschiedene Sägen) Trennverfahren zum Einsatz.

Im April 2003 wurde dann mit den Arbeiten zum Abbau des mittleren Bauabschnitts des Reaktorblocks begonnen. Auch hierbei wurde in erster Linie der Abbaubagger mit Felsmeißel eingesetzt. Bisher konnten alle Tätigkeiten von der Arbeitsplattform aus durchgeführt werden,

wobei die Arbeiten aufgrund der zum Teil schwierigen radiologischen Randbedingungen ständig durch den Reaktorstrahlenschutz überwacht werden.

Im Berichtszeitraum wurde etwa 75 % des aktuellen Abbauvolumens in der Freimessanlage der Firma Rados freigemessen und zur konventionellen Entsorgung in Schuttmulden eingeladen. Die nicht freimessbaren Abbauteile wurden zur Konditionierung an die Betriebsabteilung Dekontamination im Forschungszentrum abgegeben.

Mitte Mai wurde zudem an die zuständige Behörde ein Antrag auf Genehmigung nach § 7 Abs. 3 AtG für die „Freimessung und Freigabe der Reaktorhalle zur anschließenden Entlassung aus dem AtG“ gestellt.

### **3. Geplante Weiterarbeit**

Der vollständige Abbau des Reaktorblocks soll im zweiten Halbjahr 2003 abgeschlossen werden.

Mit Abschluss der Abbauarbeiten am Reaktorblock werden auch die Arbeitsplattform und die Einhausung sowie die Lüftungsanlagen demontiert.

Parallel dazu werden die Planungsarbeiten zur Freimessung und Freigabe der Reaktorhalle fortgeführt.

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

B. Stahn, K. Matela, C. Zehbe, J. Pöppinghaus, J. Cremer: Disassembly of the Reactor Block of the FRJ-1 (MERLIN) Research Reactor; WM'03 Conference, 23.-27.02.2003, Tucson AZ

U. Pfister: Aus einer Kernforschungsanlage wird ein Forschungszentrum – Rückbau der Nuklearbereiche der Forschungszentrum Jülich GmbH; KONTEC 2003, 19.-21.03.2003, Berlin; Internationale Zeitschrift für Kernenergie (atw), Ausgabe Juni 2003

B. Stahn, K. Matela, C. Zehbe, J. Pöppinghaus, J. Cremer: Abbau des Reaktorblocks des Forschungsreaktors FRJ-1 (MERLIN); KONTEC 2003, 19.-21.03.2003, Berlin; Jahrestagung Kerntechnik, 20.-22.05.2003, Berlin; Internationale Zeitschrift für Kernenergie (atw), Ausgabe Juni 2003

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

### **5. Kosten**

Kosten bisher (von 1996 bis 2002):	15,52 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum (Ansatz 2003):	2,82 Mio. €
Zukünftige Kosten:	3,48 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Land 10 %

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Forschungszentrum Jülich GmbH, Postfach 36 40, 76021 Jülich	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Stilllegung und Rückbau des Brennstoffzellenlabors (BZL)	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 1996 bis 2003	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 10,655 Mio. €	<b>Projektleiter:</b> 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

Im 1. Halbjahr 2003 erfolgte die Freigabe der restlichen mit Bauschutt gefüllten Schüttmulden und anschließend die Entsorgung einschließlich Dokumentation. An die Abteilung Dekontamination gegebene radioaktive Abfälle wurden konditioniert, z. B. getrocknet.

Der Abschlussbericht und die Enddokumentation befinden sich in Bearbeitung und werden voraussichtlich im 2. Halbjahr 2003 endgültig vorliegen.

Zum Ausschluss einer möglichen Kontaminationsverschleppung wurden außerhalb des ehemaligen BZL Kontaminationsmessungen durchgeführt. Auf Wunsch des Gutachters wurden diese über den normalen Umfang hinaus auf Park- und Abstellflächen sowie Zufahrtswege ausgeweitet.

## 3. Geplante Weiterarbeit

Mit der Erstellung der Unterlagen (siehe Punkt 2.) wird das Projekt voraussichtlich im 2. Halbjahr 2003 abgeschlossen.

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

B. Stahn, K. Matela, D. Bensch, F. Ambos: Disassembly of the Fuel Cell Laboratory in the Research Center Jülich; WM'03 Conference, 23.-27.02.2003, Tucson AZ

U. Pfister: Aus einer Kernforschungsanlage wird ein Forschungszentrum – Rückbau der Nuklearbereiche der Forschungszentrum Jülich GmbH; KONTEC 2003, 19.-21.03.2003, Berlin; Internationale Zeitschrift für Kernenergie (atw), Ausgabe Juni 2003

B. Stahn, K. Matela, F. Ambos: Abbau des Brennstoffzellenlabors im Forschungszentrum Jülich; KONTEC 2003, 19.-21.03.2003, Berlin; Jahrestagung Kerntechnik, 20.-22.05.2003, Berlin; Internationale Zeitschrift für Kernenergie (atw), Ausgabe Juni 2003

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):	0,515 Mio. €
	---- Mio. €
Zukünftige Kosten:	Bund 90 %, Land 10 %
Geldgeber:	

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Forschungszentrum Jülich GmbH, Postfach 36 40, 76021 Jülich	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Rückbau des Versuchsreaktors AVR	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 1987 bis 2012	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 400 Mio. €	<b>Projektleiter:</b> 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, Kaltkondensationsspeicher, Pumpen und Rohrleitungen), der Generator, Reingaslager, Einrichtungen im Reaktorgebäude und im Schutzbehälter, Abschirmungen und Isolierungen im Schutzbehälter wurden demontiert 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.

### **3. Geplante Weiterarbeit**

Schwerpunkte der laufenden und kommenden Arbeiten sind die Ausarbeitung der Bauplanung für die vorgesehene Materialschleuse und eine zusätzliche Lüftungsanlage. Weiterhin wird das technische Rückbau-Konzept detailliert und werden Berechnungen zum Ausbau und dem Transport des Reaktorbehälters durchgeführt.

Noch in diesem Jahr soll ein 5. Ergänzungsantrag zur Errichtung einer Materialschleuse, einer zusätzlicher Lüftungsanlage und zur Schaffung eines neuen Materialtransportweges bei der atomrechtlichen Genehmigungsbehörde eingereicht werden.

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 (von 1987 bis 2002):	188 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	7 Mio. €
Zukünftige Kosten:	200 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Land 10 % (bis 31.03.2003)
	Bund 70 %, Land 30 % (ab 01.04.2003)



## **1.2 FZ Karlsruhe**

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Stilllegung von Teilanlagen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB)	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 1994 bis 2030	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 113 Mio. € *)	<b>Projektleiter:</b> 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  
Der Auftrag für Gebäude-Abbruch und Geländearbeiten wurde vergeben.
- Zementierung I, Bau 534  
Der Abbruch wurde (bis auf restliche Konditionierungsarbeiten) abgeschlossen.
- LAW-Eindampfungsanlage und Zementierung II, Bau 545  
Der Sicherheitsbericht befindet sich weiter in Begutachtung. Der Rückbaubeginn ist abhängig von der Inbetriebnahme der neuen LAW-Eindampfung (Nachweis der Entsorgungssicherheit).
- Abwasser-Hebeanlage, Bau 561  
Eine erste Projektskizze wurde erstellt.

## 3. Geplante Weiterarbeit

MAW-Eindampfanlage (Bau 555): Abbruch des Gebäudes, Geländearbeiten  
LAW-Eindampfung (Bau 545): Begutachtung des Sicherheitsberichts  
Abwasser-Hebeanlage (Bau 561): Erstellung von Sicherheitsbericht und Projektbeschreibung, falls Genehmigung vom BMBF erteilt wird.

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

keine

## 5. Kosten

Kosten bisher (von 1994 bis 31.12.2002):	11,3 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	0,26 Mio. €
Zukünftige Kosten:	101,4 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Land 10 %

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Stilllegung der Kompakten Natriumgekühlten Kernreaktoranlage (KNK)	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 1992 bis 2007	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 240,5 Mio. €	<b>Projektleiter:</b> Frau Dipl.-Ing. Hillebrand / Brockmann

## 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage KNK war ein Versuchskernkraftwerk mit 20 MW elektrischer Leistung auf dem Gelände des Forschungszentrums Karlsruhe. Die Anlage wurde zunächst von 1971 bis 1974 mit einem thermischen Kern als KNK I und dann ab 1977 mit einem schnellen Kern als Schnellbrüterkraftwerk KNK II betrieben. 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 wurden durch den Generalunternehmer (GU) die Abschirmwände für die Einhausung errichtet und bis auf die Decke abgeschlossen. Die Deckenriegel können erst aufgelegt werden, wenn der Brückenkran eingebaut ist. Dieser wird derzeit noch zur Erprobung des Zerlegewerkzeugs benötigt, dessen Tests sich auf dem kritischen Pfad befinden. Außerdem fanden diverse Abnahmen von Einbauten für die Einhausung statt, wie z. B. die der Greifer des Bela-

dekrans. Die Fertigung der Abschirmglocke und der Komponenten für die Waschanlage wurde abgeschlossen.

Die TÜV-Abnahmen des Zerlegewerkzeugs für die Demontage des Reaktortanks, deren Beginn für April 2003 vorgesehen war, mussten wieder abgebrochen werden. Grund waren massive Probleme mit herumfliegenden Spänen, die zu Defekten der Spindelantriebe innerhalb des Zerlegewerkzeugs führten. Die Probleme wurden zwischenzeitlich durch Abdeckbleche am Zerlegewerkzeug und durch geänderte Fräsparemeter (Trockenfräsen ohne Stickstoffkühlung) behoben, so dass mit der Fortführung der Tests ab Anfang August zu rechnen ist.

Die Montage und Inbetriebnahme aller erforderlichen Einrichtungen wird noch ca. ½ Jahr dauern, anschließend kann mit der Demontage des Reaktortanks begonnen werden.

Im Berichtszeitraum wurde beschlossen, die nicht endlagergerecht konditionierbaren Kühlfallen, die seit einigen Jahren bei HDB gelagert werden, bei KNK nach zu zerlegen und zu waschen. Dazu wird derzeit eine Änderungsanzeige vorbereitet.

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.

Die Ausführungsplanung des GU musste als Auswirkung des Lastabsturzes im vergangenen Jahr neu überdacht werden. Außerdem kam es bei der Montage der Einhausung zu erheblichen Anfangsschwierigkeiten, so dass zwischenzeitlich ein Terminverzug von 16 Monaten entstanden ist.

Im Mai 2003 wurde das Projektende daher offiziell um 2 Jahre nach Ende 2007 verschoben. Dies ist bedingt durch die bereits entstandenen und voraussichtlich noch entstehenden Verzögerungen bei der Abwicklung der 9. SG durch den GU und den Zeitbedarf für das Zerlegen und Waschen der von HDB zurückzunehmenden Kühlfallen.

### 3. Geplante Weiterarbeit

9. SG: Lieferung/Inbetriebsetzung Abschirmglocke, Inbetriebsetzung Pufferlager; Montage/Inbetriebsetzung Waschanlage, Test Zerlegewerkzeug u. Energiekette, Montage Einhausung (Inliner, Decke, Lüftung, Hilfseinrichtungen), Inbetriebsetzung Einhausung u. Lüftung, Erstellung Abbruchkonzept für nicht aktivierten Teil des Bioschildes.

10. SG: Revision Sicherheitsbericht, Begutachtung des Genehmigungsantrags.

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

Hillebrand, I., Brockmann, K., Pfeifer, W.; Benkert, J.: Installation of Remote Handling Systems for Dismantling the Reactor Vessel of the Compact Sodium-cooled Nuclear Reactor (KNK). 6<sup>th</sup> WANO-Meeting UKAEA, Dounreay, GB, June 10-12, 2003.

Brockmann, K., Pfeifer, W.; Dismantling of the Rotating Reactor Top Shield of the Reactor Vessel. 6<sup>th</sup> WANO-Meeting UKAEA, Dounreay, GB, June 10-12, 2003.

Hillebrand, I., Brockmann, K., Pfeifer, W., Benkert, J.: Montage von Fernhantierungseinrichtungen zum Rückbau des Reaktortanks der Kompakten Natriumgekühlten Kernreaktoranlage (KNK). KONTEC 2003, Berlin, 19.-21.3.2003.

### 5. Kosten

Kosten bisher (von 1992 bis 31.12.2002):	193,0 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	2,9 Mio. €
Zukünftige Kosten:	44,6 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Land 10 %

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Stilllegung des Mehrzweck-Forschungsreaktors MZFR	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 1985 bis 2009	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 261,1 Mio. €	<b>Projektleiter:</b> Dipl.-Ing. Demant

## 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) ist abgeschlossen. Im Rahmen der Trockenzerlegung Teil 2 wurden der Obere Füllkörper und der Füllkörpertragring zerlegt. Die Zerlegung des Oberen Füllkörpers verlief ohne Störungen; die insgesamt 36 Trennteile wurden in 14 Typ-II-Container verpackt. Nach Vorführung der Zerlege- und Hantierungsabläufe für die Füllkörperzerlegung (FKR) mit dem hierfür angefertigten Dummy und der Freigabe der Zerlegertätigkeit durch den Gutachter wurde Ende Mai mit den Zerlegearbeiten des FKR begonnen und diese bis zum Quartalsende erfolgreich abgeschlossen.

Derzeit werden nach Abschluss der Trockenzerlegung Teil 2 Umbau- und Dekontaminationsar-

beiten durchgeführt. Im Anschluss daran wird die Baustelle für den Einbau der Nasszerlegeeinrichtungen vorbereitet. Um die Zugangszeiten zu den Einrichtungen für die Nasszerlegung zu verkürzen, soll hierbei ein neuer Zugang eingerichtet werden.

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. Die Arbeiten bei IW haben gezeigt, dass für eine Blechdicke von 130 mm, die am 5. Schuss des Thermischen Schildes zur Demontage in ca. 4 m Wassertiefe getrennt werden muss, Stromquellen mit 900 Ampere erforderlich sind. Die Grenze der ursprünglich für 600 A konzipierten Plasmaschneidanlage war bei ca. 70 mm Blechdicke erreicht.

Im VAK-Teststand wurden verschiedene Tests zur Optimierung der mechanischen Trennverfahren und Anpassung der Steuerung des Werkzeugträgers sowie mit der Plasmaanlage für schwer zugängliche Zerlegebereiche durchgeführt, ebenso die Überprüfung der Testergebnisse des IW unter Realbedingungen, d.h. Schneiden bei tatsächlichem Wasserstand von 4 m gegenüber 0,4 bar in der IW-Druckkammer. Zur Reduzierung der Dosisbelastung beim Wechsel der Brennerdüse wird hierfür in Zusammenarbeit mit dem Hersteller der Plasmaanlage ein Wechselmagazin für den derzeit in der Fertigung befindlichen Modulbrenner entwickelt.

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

Für den 8. Stilllegungsschritt (8. SG) ist der Antrag gestellt und das Genehmigungsverfahren initiiert. In die erforderliche Revision der Antragsunterlagen wurden insbesondere die Grundsätze der neuen Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) eingearbeitet. Des Weiteren wurde ein Rückbau- und Entsorgungskonzept für die nicht in atomrechtlicher Aufsicht stehenden Gebäude erstellt. Die Revision der Antragsunterlagen ist durchgeführt, die Unterlagen wurden bei der Behörde eingereicht.

In Folge von umfangreichen Verbesserungen der Steuerung des Werkzeugträgers im Rahmen der Nasszerlegung sowie der Optimierung der Plasmaschneidanlage ist damit zu rechnen, dass es zu weiteren Verzögerungen bei der Erprobung der Nasszerlegeeinrichtungen kommen wird, die jedoch teilweise kompensierbar sein werden. Jedoch können Verzögerungen für das Gesamtprojekt nicht ausgeschlossen werden.

### **3. Geplante Weiterarbeit**

7. SG: Umbau und Dekontam. der Einrichtungen Trockenzerlegung, Schaffung neuer Zugang; Nasszerlegung – Einbau/Test der neuen Steuerung, Entwicklung Brennerwechselsystem und Demontageeinheit für Brenner-Verschleißteile, Personalschulung am VAK-Teststand, Abnahme der Einrichtungen bei VAK.

8. SG: Gutachten.

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

Prechtl, E., Süßdorf, W.: Dismantling of the Upper RPV Components of the Karlsruhe Multi-Purpose Research Reactor (MZFR). Waste Management Conference '03, Tucson, Arizona, February 23-28, 2003.

### **5. Kosten**

Kosten bisher (von 1985 bis 31.12.2002):	198,9 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	3,0 Mio. €
Zukünftige Kosten:	59,2 Mio. €
Geldgeber:	Bund 100 %

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Stilllegung und Rückbau der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK)	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 31.07.1991 bis 30.06.2010	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.630 Mio. €	<b>Projektleiter:</b> Dr. Katzenmeier (R); Dr. Fleisch (VEK)

## 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

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

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

Als Voraussetzung zur Durchführung des Rückbaus der HAWC-Lager muss der noch in der LAVA lagernde HAWC entsorgt werden. Zur Beseitigung dieses flüssigen Abfalls (ca. 60 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 fernbediente Demontage der Zerlegeeinrichtungen und die Grobdekontamination der Zellen I, 0I und II abgeschlossen. Die manuelle Demontage der Versorgungseinrichtungen und Kabeltrassen in Zellen und Betriebsräumen wurde fortgesetzt. Der Einstieg in das Seilsägeschnitten von Betondurchführungen mit kontaminierten Rohrleitungen in den Zellen ist gelungen; nach Abtrag der Wandbeschichtung wurden vier Blöcke mit einem Gewicht bis zu 7 Mg frei ge-

schnitten. Die Umbauten an der Lüftungsanlage des Prozessgebäudes (PG) werden weiter vorbereitet. Die Arbeiten zur Entkopplung des PG vom HAWC-Lagerbereich sind abgeschlossen. Die vorbereitenden Arbeiten zur Verlegung des Kontrollbereichszugangs in die LAVA sind beendet. Nach Eingang des Gutachtens zur Erschließung des HAWC-Lagers HWL wurde die Detailplanung weitergeführt. Die Freigabe zum Abbau der ELMA-Behälter und zum Umrüsten des ELMA-Gebäudes in ein Erprobungsfeld ist erfolgt.

Die Baumaßnahmen am Gebäude der VEK wurden abgeschlossen. Die Montage von Lüftungskanälen und Kabeltragkonstruktionen sind beendet. Die Abschirmung der Zellenwände und Rohrleitungsdurchführungen wurde mit einer externen Strahlenquelle erfolgreich nachgewiesen. Der Schwerlastmanipulator ist gefertigt. Die Kabeltragkonstruktionen sind fast fertig gestellt, mit den Kabelzieharbeiten wurde begonnen. Die Fertigung einiger verfahrenstechnischer Behälter/Apparate hat sich durch Gutachter-Einsprüche verzögert. Der erste Transport- und Lagerbehälter vom Typ Castor HAW 20/28 wurde gefertigt.

### 3. Geplante Weiterarbeit

#### *WAK-Rückbau:*

3. Schritt: Restdemontage u. Dekontamination EG/1.OG/2.OG, Freimessung Waste-Brücke; Wandabtrag u. Sägen der Beton-Durchführungsblöcke EG/1.OG/2.OG, Ausbau Medien-Leit.; Erweiterung LAVA-Sozialtrakt: Baustellenvorarbeiten; Errichtung Rohbau und Ausbau; Auslagerung Emissionsüberwachung u. Strahlenschutz: Genehmigung, Aufbau u. Inbetriebnahme Container Strahlenschutz.  
Schritt 5: Begutachtung/Genehm./Vergabeunterlagen HWL-Anbau Süd, Antrag Demontage HAWC-Behälter; Demont. Behälter ELMA., Ausr. ELMA für Erprobung, Geräteerprobung.

#### *VEK:*

Antragsunterlagen für 1. u. 2. Teilbetriebsgenehmigung: Betriebliche Regelungen, Gutachten; Fortsetzung Vorprüfung Maschinen-, Verfahrens-, Elektro-, Leit- und Lüftungstechnik, Fertigung und Montage: Schwerlastmanipulator- u. Kranschienen, Kabelarbeiten Lüftung, etc. Zwischenlagerung: Fortsetzung Begutachtung, Lieferung 1. Transport- und Lagerbehälter.

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

Birringer, K.J., Böse, U., Hammer, G., Hosemann, B.: Technical Concept for Remote Dismantling of the Storage Tanks for High-level Liquid Waste at the Karlsruhe Reprocessing Plant (WAK); KONTEC Intern. Symposium, Berlin, Germany, April 2003.

Pfeifer, W., Fleisch, J., Katzenmeier, G.: Decommissioning and Dismantling of the Karlsruhe Reprocessing Plant (WAK); IAEA Technical Specialists Meeting "Innovative Nuclear Fuel Cycles Technologies", Vienna, Austria, April, 2-4 2003.

### 5. Kosten

Kosten bisher (von 01.07.1991 bis 31.12.2002):	883 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	38,1 Mio. €
Zukünftige Kosten:	709 Mio. €
Geldgeber:	WAK-Fonds 100 %, danach Bund 91,8 %, Land 8,2 %



## **1.2 THTR 300**

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Hochtemperatur-Kernkraftwerk GmbH, Hammer Straße 2, 59368 Werne	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Geordnete Restabwicklung des Projektes THTR 300	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 1997 bis 2009	<b>Berichtszeitraum:</b> 2002
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 94,5 Mio. €	<b>Projektleiter:</b> Dr. G. Dietrich

*Der Bericht stellt den Stand der Arbeiten im Jahr 2002 dar.*

### 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

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

Die sicher eingeschlossene Anlage THTR 300 besteht noch aus den Gebäuden

- Reaktorhalle
- Reaktorbetriebsgebäude
- Reaktorhilfsgebäude

mit den darin vorhandenen Anlagenteilen sowie

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

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

Die Brennelemente sind aus der Anlage THTR 300 abtransportiert worden. Lediglich innerhalb des Spannbetonreaktordruckbehälters befindet sich noch ein durch Entladung technisch nicht entfernbarer 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 entgeltlich 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 Jahr 2002 ist für die sicher eingeschlossene Anlage THTR 300:

- das 13. Jahr nach der Abschaltung
- das 7. Jahr nach der Beendigung der Entladung des Reaktorkerns
- das 5. 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 festangestellte technische Mitarbeiter der HKG betraut.

Im Jahr 2002 war kein meldepflichtiges Ereignis zu verzeichnen.

2002 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 waren im Vergleich zum 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.

Im Berichtsjahr wurden der aus dem Maschinenhaus ausgebaute Turbosatz und der Generator in einem Braunkohlekraftwerk in der Türkei durch den Hersteller eingebaut und erfolgreich in Betrieb genommen.

Aus dem Überwachungsbereich wurden 2 Frischdampfarmaturen (NW 150, ND 213 bar) ausgebaut, freigemessen und einer konventionellen Weiternutzung im Steinkohlekraftwerk Westfalen B der RWE Power zugeführt. Von den extern konditionierten Abfallgebinden wurden 60 Fässer (200 l) in das interne Lager der sicher eingeschlossenen Anlage zurückgenommen.

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 die Kälteanlagen, Armaturen, Druckluftspeicher, 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:	70 Mio. €
Geldgeber:	Bund, Land NRW, Gesellschafter der HKG

### **1.3 Schachtanlage Asse**

<b>Zuwendungsempfänger:</b> GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Fortsetzung der Verfüllung der Südflanke der Schachanlage Asse	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 1993 bis 2009	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 147,8 Mio. €	<b>Projektleiter:</b> 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 Schachanlage 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 Schachanlage 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 Schachanlage 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 Schachanlage Asse
- Teil 10: Arbeiten gemäß zugelassenem Rahmenbetriebsplan „Zukünftige Arbeiten auf der Schachanlage 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 2.009.000 t Versatzmaterial in die Abbaue der Südflanke eingebracht. Sämtliche Abbaukammern zwischen der 553- und 700-m-Sohle sind mittlerweile komplett verfüllt. Im Berichtszeitraum wurden etwa 126.000 t Haldenmaterial in die Abbaue 3-6 und 8-9 der 532-m-Sohle sowie in die Abbaue 3-6 und 8-9 der 511-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.
- Die Arbeiten zur Gewährleistung der Sicherheit für den Standort der Schachtanlage Asse während der Betriebsphase (Teil 9A) sind abgeschlossen.
- Die Arbeiten als Voraussetzung zur Erstellung des Langzeitsicherheitsnachweises für die Schachtanlage 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 Anschluss an den Eignungsnachweis ist der umfassende Bau von Strömungsbarrieren im Umfeld der Lagerkammern für radioaktive Abfälle vorgesehen.

## 3. Geplante Weiterarbeit

Teil 6: Fortführung der Versatzeinbringung in die Abbaue der Südflanke und Überwachung der Verfüllmaßnahme

Teil 8: Wahrnehmung der Überwachung der Baumaßnahme im Rahmen der Bauleitung und Erstellung eines 4. Nachtrages zur Aktualisierung der Haushaltsunterlage sowie Erweiterung der Baumaßnahme um die Arbeitspakete, die für eine komplette Schließung der Schachtanlage Asse noch erforderlich sind

Teil 9B: Erstellung des Sicherheitsberichtes mit Langzeitsicherheitsnachweis für die Schachtanlage 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 06/2003):	103.987 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	6.252 Mio. €
Zukünftige Kosten:	43.804 Mio. €
Geldgeber:	Bund 100 %



## **1.4 TRIGA Heidelberg II**

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Deutsches Krebsforschungszentrum, Postfach 10 19 49, 69009 Heidelberg	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Stilllegung des Forschungsreaktors TRIGA HD II	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 2000 bis 2005	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 11 Mio. €	<b>Projektleiter:</b> Frau B. Jünger

### 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 Im Februar 2003 wurde der Antrag zur Genehmigung der Stilllegung des TRIGA HD II gestellt. Die Antragsunterlagen ergingen an die Aufsichts- und die Genehmigungsbehörde (das B.W.-Ministerium für Umwelt bzw. das Wirtschaftsministerium) und an den Gutachter; es sind dies:
- der Sicherheitsbericht Rückbau
  - UVP (Umweltverträglichkeitsprüfung)
  - Betriebshandbuch
  - Vorprüfungsunterlagen (VPU)
- 2.2 Der Euratom-Bericht nach Artikel 37 EU-Verordnung (Auswirkungen der Rückbaumaßnahmen auf europäische Nachbarstaaten) wurde im Auftrag des BMU an Euratom verschickt.
- 2.3 Die Änderungsanzeige über die vorbereitenden Baumaßnahmen liegt der Aufsichtsbehörde, der Bauantrag für die Container des Rückbaupersonals liegt der Stadt vor.

## 3. Geplante Weiterarbeit

Die Container für das Personal werden im August aufgestellt. Mit der Genehmigung zum Rückbau ist für Oktober/November 2003 zu rechnen.

## 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> GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Postfach 11 60, 21494 Geesthacht	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entsorgung radioaktiver Reststoffe (Projekt MAREN-1)	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 2002 bis 2009	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 38,9 Mio. €	<b>Projektleiter:</b> K. Schmidt

### 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

GKSS Forschungszentrum GmbH ist Betreiber des Forschungsreaktors FRG-1 und Verwalter 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 wurden folgende Arbeiten mit Priorität vorangetrieben:

- Konditionierung von 750 Fassgebinden und ca. 184 Filterkassetten (LAW, 221, 231)  
Die Transporte zu FZK/HDB sind erfolgt. Nach ca. viermonatiger Verzögerung gegenüber den Planungsannahmen liegt die Zustimmung der Aufsichtsbehörde nun vor, so dass die Konditionierungsarbeiten zu Jahresmitte anlaufen können. Der Verzug ist nicht aufholbar, die Arbeiten werden erst in 2004 abgeschlossen werden können.
- FRG flüssige Abfälle (236)  
Im Rahmen der laufenden Diskussion zur Ertüchtigung der internen Abwasseraufbereitung wurde eine Projektstudie (Umkehrosmoseverfahren) erstellt und der Aufsichtsbehörde vorgelegt.
- Aufarbeitung bestrahlter OH-Versuchsbrennstäbe (223)  
Mit potenziellen Partnern wurden Gespräche fortgeführt (technische Fragen, Vertragsgestaltung). Die Herbeiführung vertraglicher Regelungen gestaltet sich zögerlicher als erwartet.
- Längerfristige Zwischenlagerung  
Klärung / Abwicklung technischer und administrativer Maßnahmen in Zusammenhang mit Anforderungen der neuen StrlSchV.

## 3. Geplante Weiterarbeit

Konditionierung feste LAW (221, 231): Durchführung der Konditionierungsarbeiten bei HDB;

Aufarbeitung OH-Brennstäbe (223): Fortführung der Vertragsverhandlungen;

Längerfristige Zwischenlagerung: Umsetzung technischer und administrativer Maßnahmen;

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

keine

## 5. Kosten

Kosten bisher (seit 01/2002):	6,1 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	0,3 Mio. €
Zukünftige Kosten:	32,5 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Länder 10 %



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

### 2.1 Fördervorhaben

<b>02 S 7808</b>	Entwicklung von Grundlagen zu Sanierungstechniken für schwermetall- bzw. radionuklidkontaminierte Böden durch Nutzung des Transfers der Kontaminaten in Pflanzenbiomassen	<b>Friedrich-Schiller-Universität, Jena</b>	📖 38
<b>02 S 7859</b>	Automatische verfälschungssichere Messfeld- und Messwertdokumentation bei Freimessungen mit In-situ-Gamma-Scanning	<b>ISE, Rödermark</b>	📖 40
<b>02 S 7869</b>	Störungsprävention bei Zerlegearbeiten in kerntechnischen Anlagen durch Spannungsmessungen	<b>Universität Hannover</b>	📖 42
<b>02 S 7900</b>	Verbundprojekt: Kontaminierter Beton: Betonfreigabe – Betonrecycling	<b>Brenk Systemplanung, Aachen</b>	📖 44
<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 Friedriciana zu Karlsruhe (TH)</b>	📖 46
<b>02 S 7951</b>	Entsorgung von Beryllium / Berylliumoxid und Cadmium aus Forschungsreaktoren	<b>TU München</b>	📖 48
<b>02 S 7991</b>	Entwicklung emissionsarmer und kostengünstiger Verfahrens- und Handhabungstechniken für Dekontaminations- und Abtragverfahren	<b>Universität Hannover</b>	📖 50
<b>02 S 8001</b>	Sonderaufgaben zur Schließung der Schachanlage Asse: Dokumentation und Archivierung von FE-Unterlagen	<b>GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Oberschleißheim</b>	📖 52
<b>02 S 8011</b>	Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen. Weiterführende Untersuchungen (FORM III)	<b>Siempelkamp, Krefeld</b>	📖 54
<b>02 S 8021</b>	Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen -Abschließende Untersuchungen (EBER III)-	<b>BAM, Berlin</b>	📖 56
<b>02 S 8031</b>	Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation	<b>Brenk Systemplanung, Aachen</b>	📖 58
<b>02 S 8041</b>	Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation	<b>Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Krefeld</b>	📖 60

<b>02 S 8051</b>	Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation	<b>Wismut GmbH, Chemnitz</b>	📖 62
<b>02 S 8061</b>	Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation	<b>Forschungszentrum Jülich</b>	📖 64
<b>02 S 8071</b>	Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation	<b>Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen</b>	📖 66
<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>	📖 68
<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>	📖 70
<b>02 S 8102</b>	Erweiterung der Einsatzgrenzen modularer Schneidtechnologien für den kostengünstigen Rückbau kerntechnischer Anlagen, EMOS	<b>Universität Hannover</b>	📖 72
<b>02 S 8112</b>	Abdichtung von Wegsamkeiten in Salzformationen mit kristallisierenden Evaporitmaterialien (AISKRISTALL)	<b>DBE Technology GmbH, Peine</b>	📖 74
<b>02 S 8122</b>	Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung	<b>TU Dresden</b>	📖 76
<b>02 S 8132</b>	Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung	<b>Universität des Saarlandes</b>	📖 78
<b>02 S 8142</b>	Selektive Tritium-Extraktion aus Wasser und Bindung auf einen Träger	<b>TU München</b>	📖 80
<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>	📖 82
<b>02 S 8162</b>	Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung	<b>Laserinstitut Mittelsachsen e.V., Mittweida</b>	📖 84
<b>02 S 8172</b>	Entwicklung eines Konditionierungsverfahrens für Kernbrennstoffe aus dem Siemens-Unterrichts-Reaktor (SUR)	<b>STEAG encotec GmbH, Essen</b>	📖 86
<b>02 S 8192</b>	Workshop „Radiation Research – Science for the future“	<b>Justus-Liebig-Universität Gießen</b>	📖 88

## **2.2 Formalisierte Zwischenberichte**

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07740 Jena		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7808</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entwicklung von Grundlagen zu Sanierungstechniken für schwermetall- bzw. radionuklidkontaminierte Böden durch Nutzung des Transfers der Kontaminaten in Pflanzenbiomassen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.11.1998 bis 30.04.2003	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.04.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 373.511,50 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Bergmann	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Beim Rückbau von Bergbau- und Aufbereitungsanlagen des Uranerzbergbaus verbleiben große Flächen, die mit Schwermetallen einschließlich Radionukliden überdurchschnittlich kontaminiert sind. Durch die bergbaubedingte Freisetzung reaktiver Gesteinsflächen wird die Mobilisierungsrate dieser Schadstoffe infolge oxidativer, hydrolytischer aber auch biotischer Prozesse verstärkt. Aus diesem mobilen Elementpool treten Kontaminanten in den Wasserpfad ein und können somit in bioverfügbarer Form in den Biokreislauf eingeschleust werden.

Durch Untersuchung vom Ausmaß, den Wegen und der gezielten Beeinflussung des Schwermetall- und Radionuklidtransports soll in diesem Forschungsvorhaben das Leistungspotential des Biotransfers für Verfahren der Bioremediation (sowohl Extraktion als auch Fixierung = Bioimmobilisierung) geklärt werden.

Diese Erkenntnisse sind Grundlage für die Etablierung effektiver biologischer Sanierungsverfahren. Daraus resultieren aber auch Lösungswege, wie durch bestimmte Pflanzen und durch die Bodentechnik die Aufnahme von Schwermetallen einschließlich Radionukliden in die Biomasse und damit der Übergang in den Biokreislauf minimiert werden kann.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Übersichten, Planungen, Festlegungen

- Übersicht zu Akkumulation und Exclusion von Schwermetallen/Radionukliden (SM/R) durch Pflanzen, besonders Vegetationsformen des gemäßigten Klimas
- Information über standorttypische Kontamination zur Festlegung der Untersuchungsareale, der Pflanzenauswahl sowie der darauf basierenden Experimentalparameter

Geländearbeiten, Laborexperimente und Analytik

- Bodensubstrat-Probenahme und Sammlung von Pflanzenmaterial
- Gefäßversuche und Extraktion von Pflanzenproben und Bodensubstrat
- Analytische Charakterisierung von Pflanzen- und Bodenextrakten (ICP-OES,-MS, HPLC)

Bewertung der Ergebnisse

- zur Schwermetall-Akkumulation durch Pflanzen und Möglichkeiten der Beeinflussung unter den gegebenen klimatischen und geogenen Bedingungen bzw.
- zur Minimierung der Schwermetallaufnahme durch Pflanzen und Möglichkeiten der Beeinflussung unter den gegebenen klimatischen und geogenen Bedingungen
- Ableitung von Prinziplösungen für Sanierungsverfahren bzw. Nutzungsrichtungen für entsprechend kontaminierte Flächen

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- Pflanzen- und Bodenproben der abgeschlossenen Versuchreihen wurden aufgeschossen und mit verschiedenen Verfahren analytisch charakterisiert.
- Die Schwermetallanalytik mittels ICP-MS wurde durch Veränderung des internen Standards für die Konzentrationsbestimmung optimiert. Die Schwermetallgehalte für Pflanzen- und Bodenproben wurden neu kalkuliert.
- Eine umfangreiche Literaturrecherche zum aktuellen Stand der Phytoremediation urankontaminierter Substrate wurde durchgeführt. Damit ist ein abschließender Vergleich eigener Ergebnisse mit aktuellen Entwicklungen der Sanierungstechnologie möglich.
- Im Abschlussbericht wurden die Methoden der durchgeführten Untersuchungen des Projektes erläutert, die Ergebnisse der Studien zusammengestellt und ihre Bedeutung für die Phytoremediation SM/R- kontaminierter Bodensubstrate bewertet.

### 4. Ergebnisse

- a) Auf den untersuchten bewaldeten Haldenflächen des Uranerzbergbaus ist das akute Gefährdungspotential für einen unkontrollierten Austrag der SM/R in das Ökosystem gering.
- b) Es konnten keine Pflanzenarten identifiziert werden, deren Potential zur Anreicherung von Uran in der oberirdischen Biomasse den Anforderungen an eine Bodensanierung durch Phytoextraktion entspricht. Durch eine zweistufige Sanierungsstrategie (Kopplung von Phytoextraktion mit Phytostabilisierung) kann das ökologische Gefährdungspotential minimiert werden. Im ersten Schritt wird der mobile Anteil der Uranverbindungen durch die Kultivierung von Pflanzenarten mit hohem Akkumulationsvermögen abgeschöpft. In der anschließenden Phase wird durch den Anbau von Pflanzenarten, die die Uranaufnahme durch verschiedene Immobilisierungsmechanismen streng reglementieren, die Verbreitung der Schadstoffe über pflanzliche Biomassen und über den Wasserpfad verhindert.
- c) Durch verschiedene Bodenbehandlungsmethoden kann der Schadstofftransfer in pflanzliche Biomassen wirkungsvoll reguliert werden. Damit wird die Effizienz des biologischen Sanierungsverfahrens erhöht.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Entfällt, da Projekt beendet.

### 6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

- Poster zum Internationalen Symposium KONTEC 2003
- Beitrag im Tagungsband zum Internationalen Symposium KONTEC 2003
- 2 Veröffentlichungen zum Themengebiet „Einfluss exogener Kohlenstoffquellen auf die Phytoextraktion von Schwermetallen“ (in Überarbeitungsphase)
- Abschlussbericht des Projektes (in Endfassung)

<b>Zuwendungsempfänger:</b> ISE, Carl-Zeiss-Str. 11, 63322 Rödermark		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7859</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Automatische verfälschungssichere Messfeld- und Messwertdokumentation bei Freimessungen mit In-situ-Gamma-Scanning		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.12.1999 bis 30.06.2003	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 460.349,31 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dipl.-Ing. Stasch	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist es, für In-Situ-Gamma-Scanning-Messungen ein vollautomatisches und verfälschungssicheres System für die Führung und gekoppelte Positions-/Messfeld- und Messwertdokumentation aufzubauen, unter realen Bedingungen in kerntechnischen Anlagen und auch auf dem Anlagengelände zu testen und für die Routineanwendung zu qualifizieren.

Das System soll automatisch geführt, die Position des In-Situ-Gamma-Messgerätes automatisch erfasst und gemeinsam mit den Ergebnissen der Gammamessung verfälschungssicher dokumentiert werden. Die nachfolgende Prüfung durch Behörde/Gutachter kann dann ausschließlich am Bildschirm erfolgen; das Verfahren wird qualifiziert, so dass fehlerfreie und verfälschungssichere Ergebnisse gewährleistet sind.

Die Begründung für das Vorhaben besteht darin, dass mit dem zu entwickelnden System eine Kostenersparnis von ca. 70 % erreicht werden kann.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP 1: Erstellen des Anforderungskataloges

AP 2: Entwicklung Datenschnittstellen

AP 3: Realisierung der Systemlösung

AP 4: Qualifizierung im VAK

AP 5: Demonstrationsmessungen im KGR

AP 6: Demonstrationsmessungen im FZJ

AP 7: Abschluss des Vorhabens

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Die Arbeiten zu AP 2 und AP 3 sind abgeschlossen. Die Software zur Dokumentation (Speicherung der Messergebnisse und Visualisierung der Ergebnisse im CAD) sowie die Kommunikation zwischen Fahrzeugsteuerung und Messgerätsteuerung mit gegenseitigen Verriegelungen sind realisiert. Auf Grundlage eines erstellten Inbetriebnahmeprogramms wurde die Inbetriebnahme des FRM-Fahrzeugs durchgeführt. Dabei wurden insbesondere die Erstellung der Dokumentation und die Reaktion des FRM-Fahrzeugs auf provozierte Fehler (z. B. falsche Positionserkennung durch Abschirmung der Laser zur Abstandsmessung) getestet. Im Rahmen der Arbeiten zu AP 4 war der eingeschaltete Gutachter bei der o. g. Inbetriebnahme anwesend und hat Prüfungen durchgeführt. Damit wurde Schritt 2 der Begutachtung „Begutachtung der Konzeption des Freimess-Systems“ fortgesetzt. Ergänzende Informationen zum FRM-Fahrzeug wurden dem Gutachter zur Verfügung gestellt.

### 4. Ergebnisse

Das FRM-Fahrzeug hat das im Rahmen der Inbetriebnahme vorgegebene exemplarische Messprogramm selbständig und ohne Fehler abgearbeitet. Die erhaltenen Messwerte wurden eindeutig zugeordnet und verwechslungssicher dokumentiert. Auf Basis eines fiktiven Freigabenuklidvektors wurde durch die Dokumentations- und Auswertesoftware die Freigabeentscheidung korrekt getroffen. Eine durch Prüfstrahler simulierte Freigabewertüberschreitung wurde ebenso korrekt erkannt. Auf provozierte Fehler reagiert das Freimess-System korrekt mit Abschaltung. Eine Wiederaufnahme des Messbetriebes ist nur durch einen Bediener und nach selbständiger Prüfung der im Fahrprogramm vorgegebenen Position durch das FRM-Fahrzeug möglich.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Nach Erhalt der abschließenden Stellungnahme des beauftragten Gutachters wird der abschlussbericht fertig gestellt. Die ursprünglich geplanten Demonstrationsmessungen in anderen Anlagen konnten innerhalb der Laufzeit des Fördervorhabens nicht realisiert werden.

### 6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Statusbericht Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen:

AMIGA - Automatische verfälschungssichere Messfeld- und Messwertdokumentation bei Freimessungen mit In-Situ-Gamma-Scanning, FKZ: 02S7859

Jörg Kirchhoff, Wolfgang Stasch Rödermark / D

Hagen Höfer, Mainhausen / D

Thomas Rojahn, Hanau / D

Tagungsband Kontec 2003, Seite 567 ff

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7869</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Störungsprävention bei Zerlegearbeiten in kerntechnischen Anlagen durch Spannungsmessungen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.12.1999 bis 30.04.2003	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.04.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 577.495,88 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr.-Ing. Reimche	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Bei der Zerlegung von dickwandigen kerntechnischen Komponenten kann es durch Freisetzung von (Eigen-)Spannungen zu unkalkulierbaren Schnittstörungen kommen, die zum Schneidabbruch führen. Ziel des Vorhabens ist es, Spannungsmesstechniken anwendungsreif zu entwickeln, mit denen Spannungsverteilungen in dickwandigen Bauteilen bestimmt und auf dieser Basis, durch Wahl geeigneter Schneidstrategien und Schnittfolgen, Schneidarbeiten optimiert werden können. Zum einen soll eine magnetinduktive Technik für die Durchführung zerstörungsfreier Spannungsmessungen an dickwandigen ferritischen Bauteilen weiterentwickelt, zum anderen ein alternatives Dehnungsmessverfahren zur fernhantierten und störungssicheren Messungen an ferritischen und austenitischen Stählen entwickelt werden.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1: Zusammenstellen von Anwendungsfällen (Material, Geometrie, Randbedingungen an Reaktoren), Zusammenstellen von Erfahrungen bei Rückbaumaßnahmen (ANT, LWT, IW)
- AP 2: Entwicklung und Anpassung magnetinduktiver Verfahren für zerstörungsfreie richtungsabhängige Spannungsmessungen an ferritischen Bauteilen (IW)
- AP 3: Entwicklung und Anpassung eines alternativen Dehnungsmessverfahrens für Spannungsmessungen an ferritischen und austenitischen Bauteilen (IW, ANT)
- AP 4: Aufbau von Mock-Ups zur Anwendung der verschiedenen Spannungsmessverfahren an Luft und unter Wasser (IW)
- AP 5: Beispielhafte Entwicklung von Zerlegestrategien für beispielhafte Fälle (IW, ANT)
- AP 6: Demonstrationsmessungen an RDB-Komponenten der Energiewerke Nord GmbH (IW, ANT, EWN)
- AP 7: Auswertung und Dokumentation (IW, ANT)

#### Bemerkung:

Institut für Werkstoffkunde (IW) *früher* Institut für Kerntechnik und Zerstörungsfreie Prüfverfahren (IKPH)

Applied New Technologie AG (ANT) *früher* Alba Industries GmbH (Alba)

### 3. Durchgeführte Arbeiten

AP 4:

- Mit Hilfe der hydraulischen Verspanneinrichtung wurden definierte Spannungszustände an einem Probestück eingestellt und die Spannungen anschließend mittel WASS an Luft frei geschnitten. Dabei wurde das Dehnungsmessverfahren in Abhängigkeit der Schnittfugentiefe kalibriert. Die Entstehung eines Risses im Schnittgrund des Probestückes wurde durch Körperschallsensoren überwacht. Eine Rissentstehung konnte nicht festgestellt werden.

AP 5:

- Die Randbedingungen für die FEM-Simulation sind festgelegt worden. Dabei wurde der Spannungszustand des RDB bei Raumtemperatur der einschlägigen Literatur entnommen, die geometrischen Abmessungen entsprechen dem RDB in Greifswald.
- Die FEM-Berechnung zur Simulation von Sägeschnitten in Schüssen und deren Einfluss auf die Schnittfuge wurden durchgeführt. Anhand der Ergebnisse aus diesen Simulationen konnten anschließend geeignete Zerlegestrategien abgeleitet werden.

AP 6:

- Die Vorbereitung des Versuchsbeckens für Schneidversuche unter Wasser sowie die Koordinierung der Demonstrationsmessungen wurden abgeschlossen.
- Unter Mitwirkung der Firma ANT wurden die Demonstrationsmessungen an RDB-Segmenten von Block 8 des ehemaligen KKW Greifswald durchgeführt.

AP 7:

- Die Auswertung und Dokumentation zu den durchgeführten Arbeiten in den Arbeitspaketen AP 1 bis AP 6 sind abgeschlossen.
- Die Erstellung des Schlussberichtes befindet sich in einem fortgeschrittenen Stadium.

### 4. Ergebnisse

- Das Harmonischen-Messsystem mit spannungssensitivem Sensorkonzept ist zur richtungsabhängigen Bestimmung von Eigenspannungen in RDB-Stählen geeignet.
- Im Laborbetrieb konnten mit Hilfe des alternativen Dehnungs-Messaufnehmers Spannungsänderungen von 5MPa aufgelöst werden. Die mechanischen Spannungen können mit einer Standardabweichung von 6MPa gemessen werden.
- Die Kalibriermessungen des Dehnungsmessverfahrens haben einen deutlichen linearen Zusammenhang zwischen der Abstandsänderung von Mess- und Referenzbolzen und der eingestellten Biegespannung aufgezeigt.
- Durch eine schrittweise Erhöhung der Schnitttiefe können auch Spannungen entlang der Bauteiltiefe gemessen werden.
- Das Harmonischen-Messsystem zur richtungsabhängigen Bestimmung von Eigenspannungen in RDB-Stählen sowie das alternative Dehnungs-Messverfahren konnten erfolgreich unter realen Einsatzbedingungen unter Wasser getestet werden.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Fertigstellung des Schlussberichtes.

### 6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Teilnahme an der KONTEC 2003 mit dem genehmigten Plenarvortrag *Störungsprävention bei Zerlegungsarbeiten in kerntechnischen Anlagen durch Spannungsmessungen* und der Aufnahme des dazugehörigen Manuskriptes in den Tagungsband.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Brenk Systemplanung GmbH, Heider-Hof-Weg 23, 52035 Aachen		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7900</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Kontaminierter Beton: Betonfreigabe - Betonrecycling		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.09.2000 bis 31.12.2003	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 383.302,23 EUR	<b>Projektleiter:</b> 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 Schadstofffreisetzungsprozesse

Auf Basis von AP IV/2 werden für die verschiedenen Betonmaterialien bzw. Betonmaterialklassen relevante Betonersatzungs- und Schadstofffreisetzungsprozesse 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 Schadstofffreisetzungsprozesse

Aufbauend auf der Datenrecherche werden für die relevanten Betonersatzungs- 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 realistischeren 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

AP IV/4: Abschluss der Arbeiten zur Entwicklung von empirischen Modellansätzen zur Beschreibung der Nuklidfreisetzung unter verschiedenen Milieubedingungen.

AP IV/5: Weiterführung der Modellierungsarbeiten zur realitätsnahen Abschätzung der Freisetzung radioaktiver Kontaminanten aus Beton unter Berücksichtigung relevanter Freigabeszenarien.

AP IV/6: Ersteinschätzungen zu Dosisbelastungen über den Wasserpfad infolge der Deponierung von kontaminiertem Beton auf Basis deterministischer Modellrechnungen unter Verwendung eines modifizierteren Deponiemodells.

Zuarbeiten zu 02S 7910 bzgl. der Beschaffung kontaminierter Betonproben aus kerntechnischen Anlagen.

### 4. Ergebnisse

a) Für die entwickelten empirischen Modellansätze wurden Parametersätze (Verteilungen) als Basis für probabilistische Simulationsrechnungen zur Modellierung der Nuklidfreisetzung aus Beton für verschiedene Verwertungs-/Entsorgungsoptionen und Milieubedingungen abgeleitet.

b) Mit nun realitätsnäheren Freisetzungsraten für relevante Nuklide wie  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  und  $^{60}\text{Co}$  ergeben sich Dosen, die teils um 1 bis 2 Größenordnungen niedriger als bei bisherigen generischen Rechnungen sind (etwa auf der Basis der StrSchV). Die für probabilistische Rechnungen anzusetzenden Bandbreiten wesentlicher Transportparameter sind allerdings relativ groß.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Weiterführung der Arbeiten mit Schwerpunkt AP IV/5, AP IV/6 und AP IV/7.

### 6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Deissmann, G., Hoppe, G., Thierfeldt, S., Bath, A., Jefferis, S. (2003): Evaluierung des Freisetzungsverhaltens von Radionukliden aus kontaminiertem Beton aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen. Proceedings KONTEC 2003, 466-469.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), Kaiserstraße 12, 76128 Karlsruhe		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7910</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> 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> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.09.2000 bis 29.02.2004	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 711.300,57 EUR	<b>Projektleiter:</b> 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: Freisetzungsverhalten von Radionukliden aus Bauschutt

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- AP I: Fortsetzung der Versuche zur Ermittlung von Transportkoeffizienten insbesondere von J und Uran; Diffusionsexperimente mit Cs und Sr an spezifiziertem Beton und Zementstein wurden abgeschlossen. Durchführung von Experimenten zum kapillaren Saugen von Uran
- AP II: Herstellung von flaschenhydratisiertem Co-60- und Cs-137-haltigem Zementstein und Elutionsversuche an diesem Probenmaterial; Herstellung von flaschenhydratisiertem, mit inaktivem Sr, Cs, Co und J dotiertem Zementstein und Beginn der Untersuchungen mit der Mikrosonde
- AP III: Recherche nach geeignetem, kontaminiertem Beton aus Kernkraftwerken
- AP IV: Beschaffung und Aufbau der Versuchseinheiten für die Auslaugversuche von Nukliden unter Einwirkung betonangreifender Wässer

### 4. Ergebnisse

- Bei Diffusion von Jod in Zementstein wird nach max. 30 Tagen ein stationärer Zustand erreicht; bei den Betonscheiben dauert dieser Prozess deutlich länger. Weder in den dünnen ZS-Scheiben noch den dickeren Betonscheiben erfolgt in den Diffusionszellen ein Durchtritt von Cobalt.
- In den Auslaugexperimenten an flaschenhydratisiertem Co-60-haltigem Zementstein entsprechend NEN 7345 (einer niederländischen Norm, die die Auslaugung von Zement regelt) wurde keine Freisetzung von Kobalt beobachtet. In entsprechenden Versuchen mit Cs-137-haltigem Zementstein wird Cäsium unter dynamischen und statischen Bedingungen freigesetzt. In den Experimenten mit Uran zum kapillaren Saugen von Beton zeigte sich, dass die Urankonzentration bis zu einer Tiefe von 4 mm um 2 bis 3 Größenordnungen abnimmt, aber in 10 mm Tiefe noch um den Faktor 5 über der Urankonzentration in unbelastetem Beton liegt.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

- AP I: Fortsetzung der Experimente mit Jod und Uran
- AP II: Untersuchung der flaschenhydratisierten Zementsteine mit Hilfe der Mikrosonde
- AP III: Untersuchung von bereits angeliefertem, recyceltem Beton aus einem KKW und Start von Auslaugversuchen nach der Baustoff-Kreislauf-Richtlinie
- AP IV: Beginn der Auslaugexperimente mit betonangreifenden Wässern

### 6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte

keine

### 7. 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. In Druckvorbereitung.

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> TU München, Arcisstraße 21, 80333 München		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7951</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entsorgung von Beryllium / Berylliumoxid und Cadmium aus Forschungsreaktoren		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.09.2001 bis 31.08.2004	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 1.609.754,94 EUR	<b>Projektleiter:</b> 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

Transport des ausgewählten Be-Elements vom FRM-I in die Heiße-Zellen-Anlage von RCM. Dort Gamma-spektrometrische Vermessung.

Vorbereitung und Durchführung des Transports der Cd-Haube vom FRM-I in die Siemens-Halle (RCM) zur  $\gamma$ -spektrometrischen Vermessung.

Vorbereitungen zum Einbau der Schneideeinrichtung für Be in die Heiße-Zellen-Anlage (Fortsetzung).

Schneideversuche mit der modifizierten Diamant-Schneideanlage an, zunächst, unterschiedlichen inaktiven Materialien.

Darstellung verschiedener Magnesium-Legierungen zur Erprobung als hydridspeichernde Schwämme.

Aufbau der Apparaturen zur Darstellung von Metallschwämmen über den pulvermetallurgischen Weg mittels  $TiH_2$  als Treibmittel und über das Platzhalterverfahren mittels Salzeluati-on.

Wahl des geeigneten Verfahrens zur Herstellung der Schwämme.

Prüfung verschiedener in Frage kommender Behälter hinsichtlich ihrer Eignung, bestrahltes Be aufzunehmen (Nuklide, Geometrie, Abschirmung, Masse).

#### **4. Ergebnisse**

Die Verteilung der  $\gamma$ -Strahler in der Cd-Haube ist inhomogen; insgesamt ist Cd kein Problem, d.h. ohne unerwartete Radionuklide (vielleicht Ag).

Be: Die vertikale Verteilung der  $\gamma$ -Strahler im Be-Element ist inhomogen; höchste Aktivität ist etwa in Element-Mitte.

UA des IW: Die Legierungen AM20 (98Mg2Al), AM 50(95Mg5Al) AM60 (94Mg6Al) sowie reines Magnesium konnten als Schwämme zur Tritiumrückhaltung erfolgreich dargestellt werden. Das Salzeluati-ionsverfahren erwies sich als geeignet zur Herstellung dieser Schwämme .

UA der GNS: Als geeignet für Beryllium erwies sich ein Behälter vom Typ MOSAIK.

#### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Einbau der Diamant-Schneideeinrichtung in eine Heiße Zelle und Schneideversuche mit inaktivem Be. Anpassung an die Arbeit mit Manipulatoren.

Zerlegung des Be-Elements und der Cd-Haube und Gewinnung von Untersuchungsproben.

Aufbau der Versuchsapparatur zur Wasserstoffbeladung der Schwämme.

Bestimmung des aufgenommenen Wasserstoffs in den dargestellten Schwämmen über das Heißextraktionsverfahren, wahlweise auch nasschemisch.

Untersuchungen von Pulverschüttungen zur Wasserstoffrückhaltung.

Ein Handhabungskonzept zum Einstellen der Be-Elemente in den ausgesuchten Behälter ist zu erarbeiten.

Ein Tragekorb für die Be-Elemente ist in Abhängigkeit der Getter-Werkstoffe (Beschichtung, Pulver etc.) auszulegen.

#### **6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte**

keine

#### **7. Berichte, Veröffentlichungen**

KONTEC, Berlin

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Universität Hannover, Welfengarten 1, 30060 Hannover		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7991</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entwicklung emissionsarmer und kostengünstiger Verfahrens- und Handhabungstechniken für Dekontaminations- und Abtragverfahren		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2001 bis 30.09.2004	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 799.564,38 EUR	<b>Projektleiter:</b> 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

- Erstellen eines verbesserten Verfahrenskennblattes.
- Beschaffung eines schienengeführten Systems für das Trockeneis-Laserstrahlen.
- Konstruktion eines Trockeneisstrahl-Laser-Hand-Gerätes.
- Anpassung des Trockeneisstrahl-Laser-Hand-Gerätes an alternative Handhabungssysteme.
- Simulation der Strömungsverhältnisse bei verschiedenen Geometrien der Absaugvorrichtung.
- Untersuchungen mit den alternativen Wärmequellen Plasma und Autogen durchgeführt.
- Asbestschneidversuche: Aufbau eines Schwarzbereiches und Durchführung von Emissionsmessungen sowie die Charakterisierung der Emissionen
- Laserstrahlabtragen: Abtragversuche mit kommerziellen Reinigungslasern an verschiedenen Beschichtungen und Beton durchgeführt.

### 4. Ergebnisse

- Trockeneis-Laserstrahlen: Erweiterung des Einsatzbereiches auf organische und keramische Beschichtungen. Optimierung der Prozessleistung durch Prozessanalyse.
- Anordnung von Trockeneisdüse und Laseroptik durch Strömungssimulation optimiert.
- Einsatz von alternativen Wärmequellen ist möglich, aber durch Trockeneis-Strahlbeeinflussung schwierig.
- Asbestschneiden: Alle untersuchten Asbestmaterialien lassen sich mit dem Nd:YAG-Laser schneiden.
- Emissionen Asbestschneiden: Schnitte an 27 Proben, bei 21 Proben ist keine Emission von Asbestfasern durch Filterauswertung nachweisbar. Die Schnittkanten werden beim Schneidprozess abhängig vom Material mehr oder weniger vollständig verglast.
- Laserstrahlabtragen: Reinigungslaser sind zum Abtragen von Beschichtungen gut geeignet.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

- Durchführung eines Projekttreffens bei einem Endanwender und Vergleichsuntersuchungen in Realumgebung im Frühjahr 2004
- Bau des Trockeneisstrahl-Laser-Hand-Gerätes mit Anpassung an alternative Handhabungstechniken und integrierter Absaugung. Erprobung des Prototyps und Erweiterung mit Traktorantrieb und Lasersicherheitsmechanismen.
- Weiterführende Experimente zur Parameteroptimierung und zur Minimierung der Faseremissionen beim Asbestschneiden.
- Untersuchungen zum Laserstrahlabtrag mit kurz gepulstem Reinigungslaser und einem Hochleistungsdiodenlaser.

### 6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Bach, Fr.-W.; Redeker, C.; Verseemann, R.; Brüggemann, P.: Technologien zur Bearbeitung von Oberflächen und dem Schneiden unter Wasser, KONTEC 2003, 6. International Symposium: „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“, S.720-730, Kontec Gesellschaft für technische Kommunikation, Berlin, 2003, (ISBN 3-9806415-6-2)

<b>Zuwendungsempfänger:</b> GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Ingolstädter Landstraße 1, 85758 Oberschleißheim		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8001</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Sonderaufgaben zur Schließung der Schachanlage Asse: Dokumentation und Archivierung von FuE-Unterlagen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.12.2001 bis 31.12.2003	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 707.945,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> 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**

- Sichtung der Ordner im Archiv 60
- Aufnahme der Ordnerbestände in den Regalen C,D,E und F
- Eingeben der Daten in die Access-Datenbank und Aktualisieren der Access-Datenbank

### **4. Ergebnisse**

- Erstellen von Übersichtslisten  
Die Übersichtslisten sind nach folgenden Kriterien erstellt wurden:
  - Thema
  - Ordnertitel
  - Unterlagentitel
  - Schlagwort
- Revision (Stand 30.6.03) der Datenbank  
Es wurden ca. 4.800 Datensätze (insgesamt bisher 8.600) 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.
- Archiv 60  
Die Sichtung der Ordner konnte abgeschlossen werden.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Zur Übergabe des Vorhabens bis zum Jahresende werden die noch ausstehenden Arbeiten durchgeführt: das betrifft die DV-mäßige und körperliche Archivierung, Eingabe der restlichen Datensätze in die Access-Datenbank und die Aufbereitung und Kodierung der Dokumentation.

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

### **6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte**

keine

### **7. Berichte, Veröffentlichungen**

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Siempelkamp Gießerei GmbH & Co., Siempelkampstraße 45, 47725 Krefeld		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8011</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen. Weiterführende Untersuchungen (FORM III)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2001 bis 31.03.2004	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 352.425,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> 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 Impakt
  - 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

- Nachuntersuchungen MOSAIK II Behälter aus FORM II (Ring 2 Mat'1) in Wand und Boden.
- Bestimmung der Bruchzähigkeiten in je 4 Bereichen von 3 ausgewählten Probenplatten.
- Auswertung der Probenplatten-Materialeigenschaften (Verwendung in Regressionsanalyse).
- Festlegung der chemischen Zusammensetzungen der Hohlprofile Serien B und C.
- Fertigung von 4 (statt ursprünglich geplanten 3) Hohlprofilen Serie B.
- Optimierung von Aufprallfläche/Randüberstand der Hohlprofile für die EBER III-Versuche.
- Analyse der Schwingungsform der Hohlprofile.
- Festlegung Anzahl, Lage und Größe der Kerben und Bestellung einer Kerbeinrichtung.
- Untersuchung der unter aktuellen SGK-Bedingungen maximal machbaren Recyclingquote.

### 4. Ergebnisse

- Materialeigenschaften MOSAIK FORM II im Stück gleich wie für Probenkörper Ring 2.
- Probenplatten-Gefüge an Oberfläche und Wandmitte stark verschieden, Bruchzähigkeit K fast gleich. Bei hohem Perlitanteil kleiner Rückgang von K mit steigendem Recyclinganteil.
- Hohlbohrproben bestätigen die Lunkerbereiche lt. UT-Prüfung an nicht gekühlten Flächen.
- Festlegung FORM III Material mit Recyclingmenge zwischen Ring 1 FORM II (Gusscontainer Typ VII) und Ring 2 (MOSAIK II).
- Mit dem perlitischen FORM-Material kann die Recyclingquote sehr stark erhöht werden.
- Halbierung (ca.) der Beanspruchung beim Aufprall gegenüber dem nicht optimierten Profil.
- Erkenntnisse über die zeitliche und örtliche Beanspruchung der Hohlprofile in Abhängigkeit von der Gestaltung der Aufprallfläche.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

- Änderung des Randüberstands des Hohlprofils A4 für erneuten Fallversuch in EBER.
- Fertigung und Beprobung weiterer Probenplatten und eines Hohlprofil mit dem FORM III Material zur Bestimmung der Materialeigenschaften der Hohlprofile Serie C.
- Fertigung 4 (statt geplanter 3) Hohlprofile Serie C. Einbringen Kerben. Versand an BAM.
- Fallversuch-begleitende Untersuchungen auf Rissinitierungen des Kerbgrunds.
- Fertigung u. Kerbung MOSAIK-II mit FORM III Material für 5 m-Fallprüfung nach ABK-II.
- Einbringen neuen Satz größerer Kerben in den vorhandenen Gusscontainer FORM II.
- Versuche zur Perlitfallglühung an ausgesuchtem Probenplatten-Material.
- Übertragung der Erkenntnisse zur Verminderung der Belastungen bei der Fallprüfung auf die Gusscontainer-Bauarten.

### 6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

D. Bounin, W. Kleinkröger, U. Quade, D. Schreiber: Optimierung von Reststoffverwertung und Design bei Transport- und Lagerbehältern. KONTEC 2003, 6. Intern. Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“ einschließlich 6. Statusbericht „Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen“ 19.-21. März 2003, Berlin, Tagungsband, S. 616-622.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Unter den Eichen 87, 12200 Berlin		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8021</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen - Abschließende Untersuchungen (EBER III)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2001 bis 31.03.2004	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 357.198,73 EUR	<b>Projektleiter:</b> 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

- Festlegung des Aufbaus des für die Untersuchung des Behälterabsturzes auf einen Endlageruntergrund repräsentativen Versuchsstandfundamentes
- Anfertigung zusätzlicher Stahlrahmen zur Einspannung der Betonplatte, dabei konstruktive Veränderungen unter Berücksichtigung der bisherigen Erfahrungen
- Beschaffung weiterer Betonplatten für die Fortsetzung der Fallversuchsserie
- Qualitätskontrolle der neu gelieferten Betonplatten mit Erstellung eines Gutachtens
- Durchführung und Auswertung der Fallversuche mit den Hohlprofilen der Serie A bzgl. der Variation der Betoneigenschaften des sog. Auflagefundamentes
- Festlegung des Designs der Versuchsobjekte (Hohlprofile) der Serien B und C

### 4. Ergebnisse

- Bei den Fallversuchen wurden unterschiedliche Anregungszustände in den Versuchsobjekten ermittelt: entweder gleichsinnige oder gegensinnige Schwingung in den Bodenhohlkehlen. Das Schwingungsverhalten hängt empfindlich von den Versuchsbedingungen ab. Unter idealen Bedingungen wird eine gleichsinnige Schwingung erwartet, wie sie auch vorherrschte. In wenigen Versuchen wurde aber ein gegensinniges Schwingungsverhalten gemessen, wobei die maximale Beanspruchung dann nicht mehr in den ebenen Wänden auftritt, sondern in den Hohlkehlen.
- Bei einem Versuch ist das Testobjekt wegen der Balligkeit der Betonplatte („Balligkeit“: wenn Platte nicht ideal eben ist) von wenigen Millimetern vom Versuchsstand gekippt. Die üblichen Anforderungen an Betonfertigteile reichen demnach nicht aus, sodass eine stärkere Einschränkung (Halbierung) der Toleranzen gegenüber der Norm notwendig war.
- Die Definition des Referenzfundamentes wurde dadurch vervollständigt, dass für alle weiteren Versuche ein Schnellbindemörtel für eine möglichst harte Ankopplung der Aufprall-Betonplatte an den Untergrund festgelegt wurde.
- Für die Hohlprofile der Serien B und C wurden die Kerbtiefe von 16 mm (1/10 Wanddicke) und ihre Position in den Wänden und Hohlkehlen festgelegt. Die Länge der Kerben wurde in konservativer Weise auf die gesamte Breite der Hohlprofile ausgeweitet.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

- Abschluss der Fallversuche mit den Hohlprofilen der Serie A
- Vorbereitung der Fallversuche mit der Hohlprofilen der Serien B und C
- Fortsetzung der Beanspruchungsanalyse zu Fallpositionen und Innenmassen
- Abschluss der Berechnungen zu Werkstofffehlern in zylindrischen Behältern und ihrer bruchmechanischen Bewertung

### 6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Zencker, U., Qiao, L., Droste, B.: Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen - Abschließende Untersuchungen (EBER III), 6. Intern. Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“ (KONTEC 2003), 19.-21. März 2003, Berlin, Tagungsband, S. 623-630.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Brenk Systemplanung GmbH, Heider-Hof-Weg 23, 52035 Aachen		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8031</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.12.2001 bis 30.11.2003	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 121.175,66 EUR	<b>Projektleiter:</b> 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

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

- AP IV/1: Probenbeschaffung und bei Bedarf Unterstützung bei der Charakterisierung der
- und IV/2: 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**

Auf Basis der Marktanalyse gemäß AP M wurde entschieden, dass das Forschungsvorhaben mit den Arbeiten zu den Phasen IV bis VI fortgeführt wird. Entsprechend wurde gemäß AP IV/1 Probenmaterial aus verschiedenen kerntechnischen Anlagen beschafft und gemäß AP IV/2 analysiert und charakterisiert. Von einigen Rückbauprojekten wird im 3. Quartal noch Material erwartet.

Die Anlagentechnik wurde gemäß AP VI/1 auf den kommerziellen Bedarf angepasst, wobei die zu Beginn des Vorhabens nicht vorgesehene radiometrische Sortierung in Laborversuchen bei SNT und bei einem Messgerätehersteller getestet und in die Planung der Anlagentechnik integriert wurde.

### **4. Ergebnisse**

Die Marktanalyse hat gezeigt, dass aus kerntechnischen Anlagen Normalbeton, Schwerbeton und Estrich in solchen Mengen und Aktivitäten anfällt, dass eine Aktivitätsseparation technisch und wirtschaftlich durchgeführt werden kann. Daher wurde von den genannten Stoffkategorien sowohl freigegebenes als auch kontaminiertes bzw. aktiviertes Probenmaterial beschafft und anschließend analysiert bzw. charakterisiert. Die Untersuchungen zeigen, dass die Klassierung des Materials zur gewünschten Aktivitätsseparation führen kann, da nach der Klassierung die spezifischen Aktivitäten des Materials der feinen Kornklassen um bis zu 2 Größenordnungen höher als die der groben Kornklassen sind, aber der Separationserfolg von Faktoren wie Nuklid, Kontaminationspfad, Art und Form des Zuschlagsmaterials, Abbaumethode usw. abhängt. Dies gilt insbesondere für die Aktivierung von Schwerbeton, da in der Regel Spurenelemente aktiviert werden und damit die Separation nur erfolgreich sein kann, wenn die eingesetzten Materialien unterschiedliche Anteile an Spurenelementen und damit unterschiedliche Aktivitätsniveaus aufweisen. Durch die Einbeziehung der in Laborversuchen getesteten radiometrischen Sortierung wird erwartet, dass der Separationserfolg noch weiter verbessert werden kann.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Eine Darstellung des gesamten Einsatzspektrums der Aktivitätsseparation durch Klassierung ist durch Laboruntersuchungen nur mit einem hohen und nicht vertretbaren Aufwand zu erlangen, so dass statt dessen die Verarbeitung größerer Mengen verschiedener Bauschutttypen mit einer halbtechnischen Anlage, verbunden mit einer repräsentativen Probenentnahme und -auswertung, geplant ist, um das Wissen über die Nuklidanreicherung in den Betonkomponenten praxisnah zu vertiefen. Auf dieser Basis kann dann die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung fortgeschrieben werden.

Folglich werden die Arbeiten zu AP VI/1 mit der Integration der radiometrischen Sortierung in die Anlagentechnik fortgeführt und die Arbeiten zu AP VI/3 aufgenommen.

### **6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte**

keine

### **7. Berichte, Veröffentlichungen**

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

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

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstr. 45, 47803 Krefeld		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8041</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.12.2001 bis 30.11.2003	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 263.806,67 EUR	<b>Projektleiter:</b> 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 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:

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

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

- API/1: Einholung der zur Durchführung des Vorhabens notwendigen Genehmigungen
- API/3 bis I/5: Unterstützende Arbeiten zur Charakterisierung der COMAS-Reststoffe (Testmaterial der ersten Vorhabenshälfte), zu den Laborversuchen und zur Auswahl der Verfahrenstechnik zur Aufbereitung der COMAS-Reststoffe
- APII/1, II/2: Unterstützende Arbeiten bei der Installation und Inbetriebnahme der trockenen mechanischen Verfahrenstechnik in der CARLA-Halle
- APII/3: Spezifizierung und Konzeptionierung des notwendigen Arbeitsschutzes zur Verarbeitung von kontaminierten Materialien
- APIII/1 bis III/3: Unterstützende Arbeiten zur Optimierung der trockenen mechanischen Verfahrenstechnik (Aufbereitungstests, Charakterisierung der Stoffströme)
- APIII/4: Optimierung des Verfahrensgangs anhand größerer Probemengen (Aufbereitung der gesamten COMAS-Reststoffe)

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

- APIV/1, IV/2: Unterstützende Tätigkeiten bei der Charakterisierung bedeutender Bauschuttproben und bei entsprechenden Laborversuchen zur trockenen mechanischen Aufbereitung
- AP V, VI/1, VI/2: Unterstützende Arbeiten zur Erweiterung, Modifizierung und Optimierung der Anlagentechnik sowie Auslegung und Realisierung als mobile Einheit
- AP VI/3: Unterstützende Arbeiten zur Durchführung diverser Genehmigungs- und Zulassungsverfahren als Voraussetzung für die kommerzielle Einsatzfähigkeit der Anlage zur Aktivitätsseparation
- AP KO: Koordination des gesamten Verbundvorhabens

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Abschluss der Arbeiten zur Aufbereitung der kompletten COMAS-Reststoffe (APIII/4). Auf Basis des positiven Ergebnisses der Marktanalyse aus dem Vorhaben 02S8031 wurde die Weiterführung des Vorhabens im Bereich der Aufbereitung von radioaktiven Bauschuttproben beschlossen. Somit wurden repräsentative Proben aus der CARLA-Anlage gezogen analysiert und die Ergebnisse bewertet.

Bei der Entwicklung der zu Beginn des Forschungsvorhabens nicht vorgesehenen radiologischen Sortierung wurden in der CARLA-Anlage Detektortests anhand von Probenmaterialien verschiedener Aktivitätsinventare durchgeführt. Hierzu erfolgte neben dem Aufbau einer geeigneten Testapparatur incl. Abschirmung, die Zusammenstellung und radiologische Charakterisierung entsprechender Proben.

### 4. Ergebnisse

4.1 COMAS: Durch trockene Separation wurde erreicht, dass etwa eine Hälfte von ursprünglich 430 COMAS-Abfallfässern freigebbar ist, die andere Hälfte der Landessammelstelle NRW (Jülich) zuzuführen ist. Durch zusätzliche Konditionierung bei GNS-Duisburg konnte erreicht werden, dass schließlich 90 Fässer nach Jülich verbracht werden müssen.

4.2 Allgemeiner Bauschutt: Die Ergebnisse aus der Probenaufbereitung und radiologischen Analyse der dabei entstandenen Kornklassen und Fraktionen sind im folgenden zusammengefasst:

Die Anreicherung der Nuklide im Beton erfolgt schwerpunktmäßig im Zementstein. In welchem Maße dieser Effekt auftritt, hängt im wesentlichen von der Gesteinsart des eingesetzten Zuschlagstoffes ab. Insofern wird sich die Aktivitätsverteilung voraussichtlich nicht einheitlich darstellen, sondern von Bauschutttyp zu Bauschutttyp variieren. Im jeden Falle ist eine Anreicherung der Nuklide im Feingut zu beobachten, was auch verschiedene Erfahrungen beim Rückbau bestätigen. Somit ist bei der Aufbereitung sowohl der Effekt der selektiven Nuklidanreicherung im Zementstein als auch im Feingut (unabhängig davon, ob dieses aus aufgemahlenem Zuschlagstoff oder Zementstein besteht) auszunutzen.

Die Detektortests wurden unter den Aspekten Aktivitätsinventar der Proben, Messzeit, Probenmasse, gemessene Impulse ausgewertet. Hierbei zeigte sich, dass grundsätzlich eine radiologische Sortierung mit vertretbaren Messzeiten und daraus resultierendem vertretbarem Durchsatz grundsätzlich möglich ist. Somit wurde beschlossen, dass die radiologische Sortierung weiterhin im Forschungsvorhaben verfolgt wird, so dass vorrausichtlich der Gesamterfolg der Aktivitätsseparation bedeutend gesteigert werden kann.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Vor dem Hintergrund der Probennahmeproblematik (es ist nicht praktikabel bzw. nur mit einem sehr hohen Aufwand möglich, repräsentative Proben aus den Fässern zu ziehen) sowie des enormen messtechnischen Aufwands, kann nur mit unverhältnismäßig großem Aufwand die Ursache für die letztlich nicht umfassend einheitlichen Laborergebnisse ergründet werden.

Somit soll im Zuge der Verarbeitung größerer Mengen verschiedener Bauschutttypen mit einer Technikumsanlage, verbunden mit einer repräsentativen Probennahme und -analyse, das Wissen über die Nuklidanreicherung in den Betonkomponenten erhöht werden.

Auf Basis der durchgeführten Detektortest werden in Zusammenarbeit mit potentiellen Detektor-Lieferanten geeignete Detektoren und Messanordnungen entwickelt und anhand von entsprechenden Tests überprüft und bewertet, so dass hiermit ein Beitrag zu einem geeignetem Aufbau der radiologischen Sortierung geliefert werden kann.

Die für die radiologische Messung geeignete Materialvorbereitung (Vereinzelung, Gewichtserfassung) wird in Zusammenarbeit mit unseren Partnern Brenk Systemplanung und RWTH-Aachen (AMR) entwickelt.

### 6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

AST-SNT-B01: Arbeitsbericht - Erfahrungswerte der Testsortierung

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Wismut GmbH, Jagdschänkenstraße 29, 09117 Chemnitz		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8051</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.12.2001 bis 30.11.2003	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 355.337,63 EUR	<b>Projektleiter:</b> 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**

COMAS-Proben wurden mit der Methode der nassen Magnetfeldseparation untersucht. Aus Lösungen der Auslauguntersuchungen an COMAS-Proben wurde das Uran ausgefällt, um die Freigrenze von 0,6 Bq/l zur Freigabe an Wismut zu erreichen. Für 64 kg feste Rückstände wird eine Abgabe an die Landessammelstelle Sachsen/Thüringen angestrebt, wofür bei der LfUG Dresden eine Aufhebung der Aktivitätsbeschränkung beantragt wurde.

**4. Ergebnisse**

Die nasse Magnetscheidung ist – ebenso wie die Auslaugung – nicht wirksam genug, um damit COMAS-Abfälle und nicht-vorabgereicherten Bauschutt so zu behandeln, dass eine Freigabe mit vertretbarem Aufwand erreicht werden kann.

Aus COMAS-Proben wurde durch Fällung die Freigrenze von 0,6 Bq/l in der Lösung erreicht.

**5. Geplante Weiterarbeiten**

Vorbehaltlich der Genehmigung durch das Thüringer Landesbergamt sind die angefallenen Lösungen bei WISMUT zu entsorgen.

Um die Entsorgungskosten für die festen Produkte deutlich zu verringern ist beim LfUG Dresden eine Aufhebung der Aktivitätsbeschränkung bzw. eine Erhöhung des zulässigen Grenzwertes zu erwirken.

Entsprechend den Vorgaben der Landessammelstelle Thüringen/Sachsen sind unter diesen Gegebenheiten die einzelnen Feststoffe zu konfektionieren und der Landessammelstelle anzudienen.

**6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte**

keine

**7. Berichte, Veröffentlichungen**

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52425 Jülich		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8061</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.12.2001 bis 30.11.2003	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 86.992,73 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Odoj	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

Dieses Vorhaben wird im Verbund mit folgenden Vorhaben durchgeführt:

- 02S8051 der Wismut GmbH (W)
- 02S8031 der Brenk Systemplanung GmbH (BS)
- 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 Verfahrenstechnik 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 Betriebs-tauglichkeit (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

Phase I bis III wurde bereits im vorigen Berichtszeitraum komplett abgeschlossen.

APIV/1, IV/2: Es wurden verschiedene Arten von kontaminierten und aktivierten Bauschuttproben zur Verfügung gestellt. In Zusammenarbeit mit dem AMR (RWTH Aachen) wurden diese Proben im ISR getrennt und die einzelnen Fraktionen  $\gamma$ -spektrometrisch vermessen. Dabei wurden die spez. Aktivitäten der Nuklide  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  und  $^{60}\text{Co}$  bestimmt. Die Proben wurden zum Teil einer thermischen Vorbehandlung (2 h bei 500 °C im Muffelofen) unterzogen. Alle Proben wurden zerkleinert und in verschiedene Korngrößen klassiert. Einige ausgewählten Proben wurden von Hand optisch nach Zuschlagstoff und Zement sortiert. Eine Schwerbetonprobe enthielt soviel magnetische Anteile (Schrott, Hämatit usw.), dass eine Magnetabscheidung durchgeführt wurde.

### 4. Ergebnisse

Die Ergebnisse werden nachfolgend für die einzelnen untersuchten Bauschuttproben beschrieben. Allgemein kann festgestellt werden, dass eine thermische Behandlung der Proben nicht sinnvoll ist, da sich  $^{137}\text{Cs}$  verflüchtigt.

**Betonbodenprobe (Siempelkamp):** (Therm. Vorbehandlung, zerkleinert und klassiert.) Die Hauptaktivität wurde in der Staubfraktion (<0,5 mm) gefunden. Die anderen Fraktionen waren weitgehend aktivitätsfrei.

**Schwerbetonprobe aus dem biologischen Schild des MERLIN (FZJ):** (Mit und ohne therm. Vorbehandlung, zerkleinert, in stark-, schwach- und nicht magnetisch getrennt und klassiert.) Die stark magnetische Fraktion enthielt die Hauptaktivität verteilt über alle abgetrennten Korngrößen. Sowohl in der schwach- als auch in der nicht magnetischen Fraktion befanden sich die spez. Aktivitäten der oben genannten Nukliden unterhalb der Freigrenzen. Das Ergebnis der thermisch vorbehandelten Proben fiel etwas besser aus, jedoch sollte auf Grund der Verflüchtigung von Cs auf diese Vorbehandlung der Probe verzichtet werden.

**Betonprobe eines Reaktordruckbehälterriegels (KWO):** (Ohne therm. Vorbehandlung, zerkleinert und klassiert.) Hier war keine Trennung sichtbar. Die spez. Aktivitäten der einzelnen Nuklide waren alle < 1 Bq/g, so dass eine weitere Trennung z.B. optisch nicht sinnvoll war.

**Estrichprobe (KWO):** (Mit und ohne therm. Vorbehandlung, zerkleinert und klassiert.) Da diese Probe einen hohen  $^{137}\text{Cs}$ -Anteil enthielt, zeigte sich hier sehr deutlich die Verflüchtigung des Cs. Nach der Klassierung war keine Trennung erkennbar. Die spez. Aktivitäten waren über alle Korngrößen in etwa gleichmäßig verteilt. Daraufhin wurde diese Probe nochmals optisch in Zuschlagstoff und Zement sortiert. Auch hier konnte keine Trennung erkannt werden. Daher wurden die Zuschlagstoff-Fractionen mit konz. HCl behandelt, um eventuell anhaftenden Zementstaub zu lösen. Die Ergebnisse hierzu stehen noch aus.

**Betonproben aus dem BZL (FZJ):** (Ohne therm. Vorbehandlung, zerkleinert und klassiert.) Hier wurden 3 Proben behandelt und getrennt. Bei allen Proben zeigte sich die Tendenz, dass sich die Hauptaktivität in der Staubfraktion befindet. Einige Fraktionen wurden noch optisch sortiert, erneut zerkleinert und klassiert. In diesen Proben befand sich jedoch so wenig Aktivität (Nachweisgrenze), dass keine Aussage über eine mögliche Trennung gemacht werden konnte.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Die laufende Untersuchungen und die dazugehörige Analytik werden im nächsten Berichtszeitraum abgeschlossen. Der bereits vorhandene Analysenbericht mit den Ergebnissen der COMAS-Proben wird um die Ergebnisse der Bauschuttproben ergänzt, so dass am Ende des Projekts ein zusammenfassender Abschlussbericht vorliegen wird.

### 6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

J. Meier-Kortwig, S. Diedenhofen, S. Maischak, J. Fachinger, F. Schartmann, G. Kießig, M. Schreiter, Forschungsvorhaben Aufbereitung radioaktiver mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation, Vortrag und im Tagungsband der KONTEC 2003 (Berlin, 19.-21.03.03)

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Templergraben 55, 52056 Aachen		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8071</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.12.2001 bis 30.11.2003	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 851.125,10 EUR	<b>Projektleiter:</b> 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 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:

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

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

- API/1: Beschaffung von technischen Einrichtungen für die Vorversuche  
 API/2: Literaturrecherche zur konventionellem Aufbereitung von 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

#### **Phase IV bis VI: Weiterentwicklung der Verfahrenstechnik, Herstellung der kommerziellen Betriebs-tauglichkeit (Testmaterial: diverse Bauschutttypen)**

- APIV/1, IV/2: Charakterisierung bedeutender Bauschuttproben und Durchführung von Laborversuchen zur trockenen mechanischen Aufbereitung  
 AP V, VI/1, VI/2: Erweiterung, Modifizierung und Optimierung der Anlagentechnik sowie Auslegung und Realisierung der Pilotanlage als mobile Einheit mit modularem Aufbau

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Laborversuche zur Aufbereitung von verschiedenen nicht kontaminierten Baureststoffen. Schwerpunkte der Untersuchungen waren die Optimierung des selektiven Aufschlusses des Betons und die nachfolgende Sortierung.

Test von diversen Aufbereitungsverfahren zur Verbesserung der Produktqualität.

Laborversuche mit kontaminierten Baureststoffen.

### 4. Ergebnisse

Bei den Versuchen wurden zwei Stoffgruppen und somit zwei Aufbereitungsverfahren untersucht. Bei der einen Stoffgruppe handelte es sich um Normalbeton bzw. Estrich, bei der anderen um Schwerbeton.

Mit dem Versuchsmaterial Normalbeton aus verschiedenen Herkunftsbereichen wurden schwerpunktmäßig Untersuchungen zur selektiven Zerkleinerung durchgeführt. Darauf aufbauend folgten Versuche zur Attrition und optischen Sortierung des Probenmaterials.

Dabei zeigte sich, dass nicht vorbehandelte Proben ein sehr inhomogenes Brechverhalten hatten, d.h. dass ein Bruch nicht entlang der verschiedenen Korngrenzen erfolgte, sondern auch durch die Zuschlagkörner selbst. Im Gegensatz dazu wurde durch die thermische Vorbehandlung des Materials die selektive Zerkleinerung positiv beeinflusst. Bei diesen Versuchsreihen wurde der Zementstein zerkleinert und die Zuschlagkörner überwiegend als ganzes Korn erhalten. Vor allem in den größeren Kornklassen (>4mm) war die an den Kornoberflächen anhaftende Restzementsteinmenge minimal.

Da sich aber bei einer parallel laufenden Versuchreihe mit kontaminiertem Material im FZJ zeigte, dass schon bei einer Temperatur von 500°C das Leitnuklid Cs-137 flüchtig wird, sind keine weiteren Versuche zur thermisch unterstützten Zerkleinerung durchgeführt worden.

In einer weiteren Versuchsreihe wurde das Material zweistufig zerkleinert, klassiert und anschließend mehrstufig optisch sortiert. Konnte durch die optische Sortierung bei der feineren Kornklasse der Anteil an Zuschlagskörnern im Produkt nur etwas verbessert werden, wurde dagegen bei dem Material 4-10mm eine sehr saubere Fraktion aus Zuschlagskörnern erzeugt. Zu Berücksichtigen ist aber, dass das Ausbringen bei dieser Versuchreihe sehr gering war. Durch die zweistufige Zerkleinerung wurden 41 % des Aufgabematerials auf < 1mm zerkleinert und somit dem eigentlichen Sortierprozess entzogen. Die Kornklasse 1-4 mm (39 % der Aufgabe) wurde durch die zweistufige optische Sortierung je zur Hälfte in die Produktklasse Zuschlag und Zementstein getrennt. Die Kornklasse 4-10 mm (20 % der Aufgabe) wurde durch die optische Sortierung zu 8 % in die Produktklasse Zuschlag und zu 12 % in die Produktklasse Zementstein getrennt.

Bei Versuchen zur radiometrischen Sortierung zeigte sich, dass Proben mit unterschiedlichen spezifischen Aktivitäten eindeutig in Produktklassen eingeteilt werden können; somit hat die radiologische Sortierung möglicherweise ein bedeutendes Anwendungspotenzial.

Bei der zweiten Stoffgruppe, dem Schwerbeton, war der Aufschluss von nichtkontaminiertem Versuchsmaterial in einer Prallmühle am AMR ähnlich gut wie der bei den thermisch vorbehandelten, aktivierten Proben im Labor des FZJ. Aus diesem Grund konnten die Massen- und Produktströme der Versuchsreihen mit aktiviertem und nicht aktiviertem Schwerbeton miteinander verglichen werden. So konnten bei den Versuchen im AMR rund 40 % des Versuchsmaterials als stark magnetische Fraktion in der ersten und ca. 25 % als schwach magnetische Fraktion in der zweiten Magnetscheidestufe abgetrennt werden. Der Anteil der nicht magnetischen Fraktion lag bei rund 10 % und der des nichtsortierten Staubes bei 25 %. Durch diese Versuche wurde erreicht, dass die schwach und nicht magnetische Fraktion weit unterhalb des Grenzwertes zur eingeschränkten Freigabe lagen.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Weitere Untersuchungen zur optischen und radiometrischen Sortierung. Optimierung des Verfahrens für den Einsatz bei weiteren Baureststoffen.

Aufbau einer Prozesskette zur trockenen mechanischen Aufbereitung diverser Bauschutte.

### 6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte

keine

### 7. 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> TU München, Arcisstraße 21, 80290 München		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8081</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</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>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.11.2001 bis 31.10.2004	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 468.152,14 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Bücherl	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Dieses FuE-Thema wird gemeinsam mit dem Forschungszentrum Jülich (Vorhaben 02S8091) durchgeführt. Aufbauend auf der Kategorisierung von Rückbauabfällen und Messmethoden zielt die Entwicklung eines Softwarepaketes darauf ab, den Aufwand für Kalibrierung, Auswertung und QA/QC zu reduzieren und die Präzision und Richtigkeit bei der Freimessung zu verbessern.

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.

Aus dem Gesamtsystem Abfallgebinde – Interface – Detektor ist RCM mit dem Abfallgebinde, der Kooperationspartner FZJ mit dem Detektor befasst.

## 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**

Die Arbeiten an der Modifikation des bei RCM vorhandenen Messsystems wurden fortgesetzt.

Die Entwicklung von Programmmodulen zur Datenerfassung und –auswertung wurde fortgesetzt. Neu hinzugekommen sind u. a. Module zur Bestimmung der Schwächungsweglängen in den verschiedenen Objektelementen, Routinen zur Kollisionsprüfung sowie ein Modul zur quantitativen Auswertung von Radiographiedaten.

Die Zusammenstellung der zu berücksichtigenden „A-priori“-Daten, ihre Verknüpfung sowohl untereinander als auch mit den Messdaten, wurde weiter ausgebaut.

### **4. Ergebnisse**

Der Aufbau der Steuerelektronik für das modifizierte Messsystem ist beendet, der des ersten Erweiterungselements ist nahezu fertig.

Die Entwicklung und Umsetzung des Softwarepakets wurde fortgesetzt. Teilmodule zur Berechnung der Schwächungsweglängen und zur Kollisionsprüfung sind in Beta-Version bereits lauffähig. Analysemodule zur quantitativen Auswertung von segmentierten Gamma-Messdaten und von Radiographie-Messdaten wurden erfolgreich an realen Datensätzen getestet. Eine Schnittstelle zum Transfer der Objektbeschreibungen zwischen den einzelnen Modulen wurde festgelegt und programmiert.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Einbindung der Einzelmodule in die bereits existierende Softwareoberfläche unter spezieller Berücksichtigung der Nutzerfreundlichkeit.

Erweiterung des vom Programmpaket abgedeckten Simulationsumfangs.

Beginn der Erarbeitung der für eine Varianzanalyse erforderlichen Tools.

Weiterführung der Modifikationsarbeiten am RCM-Messsystem.

### **6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte**

keine

### **7. Berichte, Veröffentlichungen**

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52425 Jülich		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8091</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</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>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.11.2001 bis 31.10.2004	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 357.480,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Caspary	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Dieses FuE-Thema wird gemeinsam mit der TU München (Vorhaben 02S8081) durchgeführt. Aufbauend auf der Kategorisierung von Rückbauabfällen und Messmethoden zielt die Entwicklung eines Softwarepaketes darauf ab, den Aufwand für Kalibrierung, Auswertung und QA/QC zu reduzieren und die Präzision und Richtigkeit bei der Freimessung zu verbessern. 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.

Aus dem Gesamtsystem Abfallgebinde – Interface – Detektor ist FZJ mit dem Detektor befasst, die TU München mit dem Abfallgebinde.

### 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**

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

Weiterführung der Entwicklungs- und Implementierungsarbeiten am Effizienzmodul (Punktquelleneffizienz, Strahleffizienz am unkollimierten Detektor).

Entwicklung der Datenstrukturen für die Kollimatoreigenschaften.

### **4. Ergebnisse**

Das Simulationsmodul ist in der Beta-Version fertig gestellt und in die Oberfläche integriert. Damit lassen sich Effizienzfelder generieren und archivieren.

Das Interpretations- und das Interpolationsmodul sind in weiten Teilen erstellt.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Beendigung der Arbeiten am Interpretations- und Interpolationsmodul.

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

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

### **6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte**

keine

### **7. Berichte, Veröffentlichungen**

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Universität Hannover, Welfengarten 1, 30060 Hannover		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8102</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Erweiterung der Einsatzgrenzen modularer Schneidtechnologien für den kostengünstigen Rückbau kerntechnischer Anlagen, EMOS		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.03.2002 bis 28.02.2005	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 1.377.402,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr.-Ing. Bach	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

### 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- /suspensionsstrahlschneiden an Atmosphäre und unter Wasser.

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

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

### 3. Durchgeführte Arbeiten

#### Laserstrahlschneiden

- Bearbeitung von CrNi-Stählen bis 10 mm Dicke unter Verwendung von Sauerstoff
- Beobachtung der Verfahrensabläufe mittels CMOS-Kamera
- Entwicklung eines Unterwassermoduls mit motorisch verstellbarer Fokussierlinse
- Entwicklung eines Basismodul für modularen Aufbau der Laserkomponenten

Wasserabrasivstrahlschneiden

- Test des neu konzipierten WAIS-Schneidkopfes und Weiterentwicklung im Hinblick auf den Einsatz bei großen Volumenströmen
- Konzeption und Aufbau eines einfach aufgebauten WASS-Schneidkopf für Untersuchungen an Atmosphäre und unter Wasser
- Weitestgehender Abschluss der Untersuchungen zur Durchschneidkontrolle mittels Körperschallsensoren
- Beginn der Konzeption der personengebundenen Handhabungssysteme

CAMG

- Konstruktion eines CAMG-Werkzeuges
- Schneiduntersuchungen mit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - oder mit ZrO<sub>2</sub> Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> -beschichteten Elektroden
- Schneiduntersuchungen mit konischen Elektroden
- Schneiduntersuchungen an doppelwandigen Konstruktionen
- Untersuchungen zum Phasenübergangswiderstand an Kontaktelektrode/ Quecksilber

**4. Ergebnisse**Laserstrahlschneiden

Bei CrNi-Stählen bis 10 mm Dicke konnten Schneidgeschwindigkeiten bis etwa 600 mm/min bei mittleren Schnittfugenbreiten von 1,3 mm und damit eine Steigerung der Schneidgeschwindigkeit um etwa 100 % gegenüber den Versuchen aus dem Vorgängerprojekt erreicht werden. Bei der Beobachtung der Verfahrensabläufe mittels CMOS-Kamera wurden zum einen die Schnittfugenbreite, zum anderen die Schneidfrontlänge als aussagekräftige Merkmale der Prozesskontrolle identifiziert.

Wasserabrasivstrahlschneiden

Bei der Messung der Schallsignale mittels Körperschallsensoren konnte während des Wasserabrasivstrahlschneidens der Unterschied zwischen Kerben und Durchschneiden eines Werkstücks deutlich nachgewiesen werden. Für die Durchschneidkontrolle ist dabei das online verfügbare Zeitsignal zur Beurteilung der Schnittqualität vollkommen ausreichend.

CAMG

Eine Beschichtung der Elektroden mit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oder mit ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> führt zu einer Konzentration der Energie auf die Schneidfront und somit zu einer erhöhten Schneidleistung. Konische Elektroden führen zu einer Erhöhung der Schneidleistung. Die Fertigung solcher Elektroden ist jedoch sehr aufwendig.

**5. Geplante Weiterarbeiten**

Laserstrahlschneiden: Schneidversuche an CrNi-Stahl >10mm; Verbesserung der Abbildungsqualität zur Prozesskontrolle; Programmierung von Softwarealgorithmen zur Prozessregelung; Konstruktion der verschiedenen Module.

Wasserabrasivstrahlschneiden: Untersuchungen mit den Schneidköpfen zur Leistungssteigerung der WAIS- und WASS-Verfahren; Fortsetzung der Entwicklung der Durchschneidkontrolle mittels Differenzdruckmessung in der Schnittfuge; Konzeption des personengebundenen Handhabungssystems soll in einem Modell umgesetzt und realisiert werden, Entwicklung einer Prozesskontrolle für das WASS-Verfahren.

CAMG: Konstruktion eines Stromübertragungsmoduls mit Hg-Füllung; Aufbau des CAMG-Werkzeuges; Schneiduntersuchungen mit dem neuen Werkzeug mit beschichteten und konischen Elektroden; Analyse der hydrodynamischen Verhältnisse zur Entwicklung eines geeigneten hydrodynamischen Schutzmantels.

**6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte**

keine

**7. Berichte, Veröffentlichungen**

Bach, Fr.-W.; Verseemann, R.; Louis, H.; Haferkamp, H.; Bienia, H.; Kremer, G.; Peter, D.; Drygalla, M.: Erweiterung der Einsatzgrenzen modularer Schneidtechnologien für den kostengünstigen Rückbau kerntechnischer Anlagen (EMOS), KONTEC 2003, 6. International Symposium: „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“, S.631-643, Kontec, Gesellschaft für technische Kommunikation, Berlin, 2003, (ISBN 3-9806415-6-2)

Waste Management Symposium 2003; Posterbeitrag, Tucson, Arizona  
WMRA Band 28 (geplant)

<b>Auftragnehmer:</b> DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8112</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Abdichtung von Wegsamkeiten in Salzformationen mit kristallisierenden Evaporitmineralen (AISKRYSTALL)			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.04.2002 bis 31.03.2004		<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 994.956,00 EUR		<b>Projektleiter:</b> 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. Dabei sollen technologische Aspekte der Materialerstellung und –förderung untersucht und eine mathematische Beschreibung des Materialverhaltens (Materialmodell) entwickelt werden, auf dessen Grundlage eine Sicherheitsnachweisführung möglich ist. Durch Indexversuche und Optimierungsberechnungen wird eine geeignete Salzmischung identifiziert. Darauf aufbauende, gezielte Versuche dienen als Grundlage zur Entwicklung des Materialmodells. In Technikumsversuchen werden die Verarbeitbarkeit und die in-situ erreichbare Qualität ermittelt. Gefügeuntersuchungen werden zur Absicherung von Prognosen über das Langzeitverhalten angestellt. Eine standortspezifische Auslegung einer Permeationsbarriere und ein Katalog von QS-Maßnahmen bilden den Projektabschluss.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Untersuchungsprogramm ist in folgende Schwerpunkte gegliedert:

- AP1 Identifikation geeigneter Salzmischungen auf Grundlage von Indexuntersuchungen und Optimierungsberechnungen
- AP2 Entwicklung mathematischer Beschreibungen zum Materialverhalten (Materialmodell) auf Basis genauerer Untersuchungen
- AP3 Untersuchung der Verarbeitbarkeit und der in-situ erreichbaren Qualitäten an Hand von Versuchen im Technikumsmaßstab
- AP4 Untersuchung des Gefügebau zur Absicherung der Prognose zum Verhalten in-situ und des Langzeitverhaltens
- AP5 Modellhafte Auslegung einer Permeationsbarriere und Aufstellung eines Katalogs von Qualitätssicherungsmaßnahmen

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Rheologische Untersuchungen dienten zur Bestimmung des Förderverhaltens der entwickelten Rezepturen im Temperaturintervall von 30 bis 40 °C. Zur Charakterisierung der zeit- und temperaturabhängigen Entwicklung des Steifigkeits- und Festigkeitsverhaltens erfolgten geomechanische Untersuchungen. Zusätzlich fanden Messungen zur Quantifizierung des Kristallisationsdruckes bzw. der Volumenvergrößerung und thermomechanischer Parameter statt. Bestimmungen des mineralogischen Stoffbestandes erhärteter Salzmischungen sowie Indexuntersuchungen an weiteren Systemen mit Epsomit ( $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ ), Thenardit ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) und Arcanit ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) komplettieren das Versuchsprogramm. Neben der Durchführung von Messungen und Rezepturoptimierung wurde mit der Entwicklung von Modellen zur mathematischen Beschreibung des Materialverhaltens im Verlauf des Erhärtungsprozesses Kieserit- und  $\text{MgSO}_4$ -wasserfrei-haltiger Salzmischungen begonnen.

### 4. Ergebnisse

Geochemische Untersuchungen ergaben, dass pumpfähige Mischungen, die  $\text{MgSO}_4$ -wasserfrei oder Kieserit als Bindemittel sowie Steinsalzzuschlag enthielten, mit natürlichen Evaporitgesteinen vergleichbare Festmaterialeigenschaften erzielbar sind. Die Entwicklung der Materialeigenschaften ist mathematisch beschreibbar und die vorliegenden Befunde ermöglichen eine modellhafte Auslegung einer Strömungsbarriere. Die Gaspermeabilität erhärteter Mischung betrug zwischen  $10^{-17}$  und  $10^{-20} \text{ m}^2$ ; eine Lösungspermeabilität war nicht nachweisbar. Eine abschließende Bewertung der Messungen zum Kristallisationsdruck ist derzeit noch nicht möglich.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Schwerpunkte der weiteren Arbeiten sind:

1. Fortführung geomechanischer Untersuchungen, insbesondere zum Kriech- und Dilatanzverhalten
2. Durchführung ergänzender Messungen des Kristallisationsdruckes
3. Optimierung der Materialmodelle (mathematische Beschreibung des Materialverhaltens)
4. Abschluss der Bestimmungen thermomechanischer Materialeigenschaften und der vertiefenden Untersuchungen zur Gas- und Lösungspermeabilität
5. Auslegung einer Permeationsbarriere

### 6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> TU Dresden, Mommsenstr. 13, 01062 Dresden		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8122</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.08.2002 bis 31.07.2005	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 1.475.389,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> 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

- Ausführliche Patent- und Literaturrecherche zur Thematik;
- Weiterführung der Auswertung der Materialdatenbanken zur Charakterisierung der avisier-ten silikatischen Betonarten aus kerntechnischen Anlagen (chemische Zusammensetzungen, Korngrößenspektren, Nuklidvektoren); Auswahl, Bereitstellung bzw. Herstellung von Betonproben für Aufschmelzexperimente;
- Weiterführung der Aufschmelzexperimente in der Versuchsanlage OSIRIS (realisierter Temperaturbereich: 900 °C bis 1700 °C); Analyse zur Aufschmelzdynamik mit dem Ziel der Gewinnung vergleichbarer Datensätze für OSIRIS und Laserablation (Optimierung der Laserapplikationsdauer); Experimente zur Untersuchung der Separation von aufgeschmolzenen und nicht geschmolzenen Betonbestandteilen (Separation und/oder Umhüllung der festen Bestandteile durch Schmelze); Aufschmelzversuche mit Additiven (Matrixbildnern); Zusammenfassung der Ergebnisse in einem Zwischenbericht (C. Fischer);
- Vorbereitung und Erprobung des Einsatzes eines Laserspektrometers (LIBS) zur qualitativen und quantitativen Messung der Zusammensetzung der Betonoberfläche im vorgesehenen Einsatzbereich;
- Beginn des Aufbaus des Laserlabors für den vorgesehenen Leistungslaser im Bereich Kerntechnik;
- Errichtung einer Testanlage zur Optimierung der Absaugung/ des Abtransportes der Ablationsprodukte (Simulation der Betonschmelze durch niedrig schmelzendes Plasticmaterial)
- Fortführung der Diskussion der Zielvorgaben für das konditionierte Endprodukt unter Berücksichtigung der bisher gewonnenen Erkenntnisse.

### 4. Ergebnisse

Vergleichende Zusammenfassung der Aufschmelzuntersuchungen verschiedener Betonsorten: Schmelzbereiche (Beginn der Erweichung, vollständige Verflüssigung, Wiedererstarrung), Benetzungseigenschaften bei teilweisem Schmelzen → „Umhüllungseigenschaften“ (bei nicht vollständig geschmolzenem Beton), Verglasungseigenschaften/Rekristallisation.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass alle bisher erzielten Versuchsergebnisse die Realisierbarkeit des Forschungsvorhabens bestätigen.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Planmäßige Fortführung der Arbeiten entsprechend Antrag mit folgenden Arbeitspaketen:

AP I, II, III, IV, V, VI und VIII.

Verstärkte Untersuchung des Ausgasungsverhaltens schmelzender Betonproben.

Werkstofftechnische Analyse der bei der Laserablation erzeugten Partikelspektren.

### 6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Universität des Saarlandes, Im Stadtwald, 66041 Saarbrücken		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8132</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.08.2002 bis 31.07.2005	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 495.416,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> 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

Mit dem in unserem Labor etablierten immunfluoreszenzmikroskopischen Verfahren wurde die Reparatur von DSB in primären humanen Haut- und Lungenfibroblasten bis hinunter zu 1 mGy gemessen. Somit stellt dieses Verfahren ein Werkzeug zur biologischen Strahlendosismetrie für Dosen dar, wie sie in der radiologischen Diagnostik und bei beruflich Strahlenexponierten auftreten. Zur Aufklärung von Reparaturmechanismen wurden die Reparaturuntersuchungen auf Zellen ausgedehnt, die einen genetisch genau definierten Defekt in der DSB-Reparatur aufweisen (Arbeitspakete 1, 2).

Für das Auftreten chromosomaler Veränderungen spielt die Reparaturqualität, insbesondere die Fehlreparatur durch das Verbinden falscher Bruchenden, eine entscheidende Rolle. Diese DSB-Fehlreparatur wurde zunächst in reparaturprofizienten primären menschlichen Fibroblasten mittels einer pulsfeldgelelektrophoretischen Analyse der DNA-Moleküle in Kombination mit einem auf Southern Hybridisierung basierenden Verfahren untersucht. Obwohl für diesen methodischen Ansatz üblicherweise Strahlendosen von vielen Gy notwendig sind, haben Vorarbeiten gezeigt, dass durch eine kontinuierliche Bestrahlung der Zellen mit niedriger Dosisleistung gewissermaßen die Wirkung niedriger Röntgen- bzw.  $\gamma$ -Strahlendosen und einzelner  $\alpha$ -Teilchen simuliert werden kann (Arbeitspaket 3).

Um eine Bewertung bezüglich der nach Röntgen- und nach  $\alpha$ -Teilchen-Bestrahlung entstandenen stabilen genetischen Veränderungen vornehmen zu können, wurden transformierte Zellen mit einem Defekt im Hypoxanthin-Guanin-Phosphoribosyl-Transferase-(HPRT)-Gen mittels Multiplex-PCR mit Exon-spezifischen Primern, RT-PCR-Analyse und Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (FISH) nach Bestrahlung mit niedrigen Dosen molekular analysiert (Arbeitspaket 7).

#### 4. Ergebnisse

Betrachtet man sich das zeitliche Verhalten der DSB-Reparatur von reparaturprofizienten Zellen, so sind nach 24 h fast alle induzierten DSB repariert. Überraschenderweise stellte sich heraus, dass DSB, die durch Strahlendosen unterhalb von 1,2 mGy erzeugt worden waren, für viele Tage unrepariert bleiben (1). Dieser Befund stellt alle bisherigen Modelle zur Risikoabschätzung niedriger Strahlendosen in Frage, die von der Annahme ausgehen, dass die Effizienz der Prozessierung von Strahlenschäden nicht von der Dosis abhängt.

Zellen mit einem Defekt in der „nichthomologen Endverknüpfung“ (NHEJ), einem Reparaturweg von DSB, zeigen nach 24 h noch einen beträchtlichen Anteil von unreparierten Brüchen (3). Dieser Reparaturdefekt wurde sowohl bei höheren Dosen (2 Gy) als auch bei niedrigen Dosen (200 mGy, 20 mGy) festgestellt. Somit dient dieses immunfluoreszenzmikroskopische Verfahren zum Screenen von Reparaturdefizienzen. Es könnten z.B. strahlenempfindliche Patienten identifiziert werden, an denen eine Strahlentherapie optimiert wird. Zur Überprüfung der Ergebnisse wurden die Reparaturuntersuchungen auch an Nagetierzellen mit definierten Reparaturdefekten durchgeführt (2). Hier zeigte sich, dass während der G1-Phase des Zellzyklus nahezu ausschließlich NHEJ an der Reparatur strahleninduzierter Brüchen beteiligt ist, während in der S- und G2-Phase sowohl NHEJ als auch „homologe Rekombination“ (HR) bei der Prozessierung dieser Läsionen eine Rolle spielen.

Bei Bestrahlung im Bereich niedriger Dosisleistung sorgt die gleichzeitige Reparatur dafür, dass ein großer Teil der induzierten DSB direkt repariert wird und so mit später auftretenden DSB nicht mehr wechselwirken kann. Somit werden nach  $\gamma$ -Bestrahlung mit niedriger Dosisleistung nahezu alle induzierten DSB korrekt repariert. Allerdings ist die korrekte Reparatur nach  $\alpha$ -Teilchen-Bestrahlung auch unter Niedrigdosisleistungsbedingungen stark eingeschränkt. Nur ca. 45 % der induzierten DSB werden korrekt repariert. Diese Ergebnisse legen nahe, dass schon beim Durchgang eines einzelnen  $\alpha$ -Teilchens fehlerhafte Reparaturvorgänge ablaufen.

Die molekulare Analyse der HPRT-Gen-Mutanten ergab, dass in den Mutanten, die durch Röntgenstrahlung induziert wurden, mehr Deletionen auftraten als in spontanen Mutanten. Dabei liefert der Austausch von genomischen Material über einen größeren Bereich des Gens eher einen Beitrag zur Inaktivierung des HPRT-Gens als Punktmutationen oder kleine Deletionen. Dieser Austausch führt allerdings nur in wenigen Fällen zu zytogenetisch sichtbaren Aberrationen. Der Anteil an Deletionen nimmt zu, wenn die Mutanten durch  $\alpha$ -Teilchen-Bestrahlung induziert wurden. Diese Arbeiten zeigen, dass die mutagene Wirkung ionisierender Strahlung im wesentlichen auf Prozessen beruht, die eine beträchtliche Umorganisation des Genoms bewirken.

#### 5. Geplante Weiterarbeiten

Die Bestimmung der Fehlreparatur nach Niedrigdosisleistung soll für Zellen mit einem genetisch genau definierten Reparaturdefekt bestimmt werden (Arbeitspaket 3).

Nachdem für das Arbeitspaket 5 eine Dreifarben-Fluoreszenz-In-situ-Hybridisierung für niedrige Strahlendosen optimiert wurde, soll nun auf eine Vielfarben-Fluoreszenz-In-situ-Hybridisierung (mFISH) gewechselt werden. Mit diesem Verfahren soll in immortalisierten Fibroblasten ein quantitativer Zusammenhang zwischen der Dosis und der Anzahl von stabilen und instabilen chromosomalen Veränderungen aufgestellt werden.

Um intrachromosomale Veränderungen zu messen, ist es notwendig, einzelne Abschnitte eines Chromosoms mit verschiedenen Fluoreszenzfarben (mBAND) darzustellen. Dieses Verfahren wird gerade etabliert und soll dann zur Untersuchung nach Röntgen- und  $\alpha$ -Teilchen-Bestrahlung eingesetzt werden (Arbeitspaket 6).

#### 6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte

keine

#### 7. Berichte, Veröffentlichungen

- (1) Rothkamm, K. and Löbrich, M. (2003) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **100**, 5057-5062
- (2) Rothkamm, K., Krüger, I., Thompson, L.H. and Löbrich, M., *Mol. Cell. Biol.*, in press
- (3) Kühne, M., Riballo, E., Rief, N., Rothkamm, K., Jeggo, P.A. and Löbrich, M. *Cancer Res.*, to be submitted

<b>Zuwendungsempfänger:</b> TU München , Arcisstr. 21, 80290 München		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8142</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Selektive Tritium-Extraktion aus Wasser und Bindung auf einen Träger		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.08.2002 bis 31.07.2006	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 1.217.979,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> 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

In einem Koordinierungstreffen am 15.7.03 mit der Arbeitsgruppe Dr. Schupfner aus Regensburg wurden folgende Punkte festgestellt: Die Literaturrecherche schreitet gut voran. Bis jetzt wurden über 2000 Publikationen zum erweiterten Themenkreis gefunden, 13 davon sind neben den bereits bekannten Arbeiten als für das Projekt relevant eingestuft worden (AS1). Im Weiteren wurde in Regensburg eine Kryosublimationsapparatur aufgebaut und erste Versuche mit der Sublimation von reinen HTO/H<sub>2</sub>O Lösungen gemacht. Dabei konnte die in München gemachte Beobachtung, dass die Sublimation unterhalb des Gleichgewichtsdampfdrucks nahezu aber nicht völlig frei von Isotopieeffekten abläuft bestätigt werden. Anstelle eines Verteilungskoeffizienten von 1.0 wurde 0.98 gefunden (AS 3). Als nächstes soll der Isotopieeffekt bei der Solvent-Solute Trennung bei der Gelfiltration untersucht werden.

Am Institut für Radiochemie wurde als erstes anorganisches System frisch gefälltes Al-Hydroxid als Austauschmedium untersucht. Hier konnte eine <sup>3</sup>H-Anreicherung zweifelsfrei festgestellt werden. Es wurde ein Fraktionierungsfaktor von 2.5 für die verbleibende Verbindung der Zusammensetzung AlO(OH) gemessen. Im Weiteren wurde der Einfluss von Anionen und Kationen untersucht. Es wurden die Systeme NaF, NaJ, CsF, und CsJ untersucht (AS 5 und 6).

### 4. Ergebnisse

Die bereits durchgeführten Experimentserien zu den AS 3, 5 und 6 werden derzeit ausgewertet und aufgearbeitet. Die mit anorganischen H-Rezeptoren durchgeführten Experimente zeigen die bei organischen Materialien beobachtete Tritiumakkumulation mindestens in ähnlichem Ausmaß. Der Einfluss von Anionen und Kationen wird näher untersucht um die <sup>3</sup>H Akkumulation von Hydroxiden genauer zu quantifizieren.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

In Zukunft sollen weitere Hydroxide auf ihre Fähigkeit zur <sup>3</sup>H-Akkumulation untersucht werden, so zum Beispiel Fe-Hydroxid. In einem nächsten Schritt soll die Tritiumanreicherung bei der Elektrolyse mit verschiedenen Elektrodenmaterialien untersucht werden und mit den Resultaten der Hydroxid-Untersuchungen verglichen werden.

### 6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Diplomarbeit P. Krampf FH Isny: "Selektive Tritium-Extraktion aus tritiiertem Wasser und Bindung auf einen Träger"

"Accumulation of tritium by biological and inorganic materials" A. Türler, F. Baumgärtner, P. Krampf, G. Müllen, submitted to J. Radioanal. Nucl. Chem.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Temp- lergraben 55, 52056 Aachen		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8152</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Messmethoden zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle und zur Freimessung von Rest- stoffen aus der Stilllegung kerntechnischer Anlagen (MESRAB)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.08.2002 bis 31.07.2005	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 250.156,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> 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

- ❖ Ermittlung der Leistungsfähigkeit der folgenden zerstörungsfreien Messverfahren zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle am ISR, Forschungszentrum Jülich (FZJ) und am RCM, Technische Universität München (TUM):
  - Digitale Radiographie - Transmissions- und Emissions-Computertomographie -  $\gamma$ -Scanning: Integrales  $\gamma$ -Scanning, segmentiertes  $\gamma$ -Scanning mit unterschiedlichen Scanmodi (Multi-Rotations-Scan, Winkel-Scan, Swivel-Scan, Gitter-Scan) und transmissionskorrigiertes segmentiertes Gamma-Scanning mit unterschiedlichen Scanmodi zur Korrektur der Abschwächung der aus dem Abfallgebinde emittierten Gamma-Strahlung - passive Neutronen Messung.
- ❖ Ermittlung des Einflusses der Abfallmatrixeigenschaften und der Aktivitätsverteilung auf die Unsicherheiten der Aktivitätsbestimmung.
- ❖ Erfassung der qualitativen und quantitativen Daten für die in der Routineinspektion von radioaktiven Abfallgebinden eingesetzten Messsysteme sowie für die Messsysteme in Entwicklungs- und Testphasen.
- ❖ Ermittlung der erfassten Radionuklide und deren Nachweisgrenze. Vergleich mit den Freigabewerten.

### 4. Ergebnisse

Im Vergleich zum konventionellen segmentierten Gamma-Scanning bietet das transmission-korrigierte segmentierte  $\gamma$ -Scanning mit Swivel Scanning oder Winkel-Scanning eine deutliche Verbesserung in Analyse und Qualitätssicherung von radioaktiven Abfallgebinden. Daher sind die Weiterentwicklung (z. B. effizientere Transmissionsquelle), die Optimierung und die Anwendung dieser Verfahren in Verbindung mit der passiven (und aktiven) Neutronen-Messung für die routinemäßige Charakterisierung von radioaktiven Abfällen zu empfehlen. Zusätzlich sollte ein Simulationsprogramm (Förderkennzeichen: 02S8091) zur Verbesserung der Analyse der Rohdaten und der Berechnung der Aktivität führen. Insbesondere fehlt es an der Hard- und Softwareumsetzung der Verfahren für den qualifizierten bzw. QA/QC-gesicherten Routineneinsatz.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Ermittlung des Standes von Wissenschaft und Technik der aktiven Neutronen-Messung und der zerstörenden Messverfahren.

### 6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Laserinstitut Mittelsachsen e.V., Technikumplatz 17, 09648 Mittweida		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8162</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.08.2002 bis 31.07.2005	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 371.385,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr.-Ing. Exner	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

- 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

- Untersuchungen des Schmelzverhaltens von Schwerbeton durch Einwirkung von CO<sub>2</sub>-Laserstrahlung unter verschiedenen Laserparametern. Zur Verifizierung der Ergebnisse wurde auf homogenere Probenmaterialien zurückgegriffen. Erste strukturelle Analysen der sich ausbildenden Schmelze wurden durchgeführt.

- Diskussion verschiedener Abtragsmöglichkeiten und Auswahl der Erfolg versprechendsten Variante unter Beachtung der Zielsetzung der den Prozess begleitenden Abprodukt-Konditionierung. Entwicklung und Fertigung der notwendigen Komponenten zum Einsatz an CO<sub>2</sub>-Laseranlage.
- Beginn der Arbeiten zur Ermittlung von Abtragstiefen, -breiten und -raten unter verschiedenen Laserparametern und Einstellungen prozessrelevanter Größen.

#### **4. Ergebnisse**

Für die Schmelzrate wurde die Abhängigkeit von der Defokussierung der Laserstrahlung und der Vorschubgeschwindigkeit ermittelt. Gleiches gilt für das Abtragsverhalten unter verschiedenen Bearbeitungsszenarien. Es wurden mit einer Überfahrt Abtragstiefen bis zu 10 mm erreicht. Bisher erreichte Abtragsraten liegen im Bereich von 300 cm<sup>3</sup>/h.

Es zeigte sich, dass die Struktur der Abprodukte die prozessbegleitende Konditionierung des kontaminierten Materials erlaubt.

An der Bearbeitungsstelle kommt es zu starken Ausgasungen die eine Abkapselung zur Umgebung notwendig erscheinen lassen.

Die Analyse der Schmelzpartikel wies amorphe Strukturen auf.

#### **5. Geplante Weiterarbeiten**

- Analoge Durchführung der oben beschriebenen Untersuchungen an Nd:YAG- und Dioden-Laser
- Vergleich der erzielten Schmelz- und Abtragsraten
- Übertragung der Ergebnisse auf Abtrag größerer Flächen
- Untersuchungen zur Erhöhung der Effizienz
- Weitergehende Analyse der Abprodukte (abgetragenes Material, Ausgasungen)
- Entwicklung eines Materialsammlers in Verbindung zu einer späteren Konditionierung

#### **6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte**

keine

#### **7. Berichte, Veröffentlichungen**

keine

<b>Auftragnehmer:</b> STEAG encotec GmbH, Rüttenscheider Str. 1-3, 45128 Essen		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8172</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entwicklung eines Konditionierungsverfahrens für Kernbrennstoffe aus dem Siemens-Unterrichts-Reaktor (SUR)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.07.2002 bis 30.06.2006	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 1.465.899,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> 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 Blanden des zurückgewonnenen Kernbrennstoffes mittels Natur-Uran vorgesehen. Auf diese Weise werden das in den Brennstoffplatten enthaltene Polyethylen zerstört und der U-235 Gehalt des  $U_3O_8$  (im Fall AKR  $UO_2$ ) auf einen Wert  $< 5$  Massen-% reduziert.

Das Programm ist in folgende Arbeitspakete untergliedert:

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

### 3. Durchgeführte Arbeiten

AP1: Im Rahmen des AP1 wurde mit den planerischen Tätigkeiten begonnen. Für die Durchführung der Arbeiten bei RCM muss die vorhandene Genehmigung nach § 9 AtG entsprechend der erhöhten Umgangsmenge von Uran-235 angepasst werden. Diesbezüglich wurden erste Arbeiten der Antragstellung und des erforderlichen Sicherheitsberichtes durchgeführt. Die Umsetzung möglicher gutachterlicher Auflagen im Zusammenhang mit der Erhöhung der Umgangsgenehmigung, wie z.B. der Umbau von Gebäudestrukturen und

vorhandenen Gerätschaften, das Beschaffen neuer Gerätschaften und eventuell neu einzurichtende Sicherheitsmaßnahmen, wurde ebenfalls vorgeplant.

- 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 Eingangskontrolle für die Brennelementplatten und das Blendmaterial, das mechanische Zerkleinern, die thermische Behandlung und die Parameter für das Blenden. Weiterhin wurde mit der Festlegung der Anforderungen an die Radioaktivtransporte und die Entsorgung der radioaktiven Abfälle begonnen.
- AP4: Die Erstellungen der Vertragsentwürfen bzgl. des Inhaberwechsels des Kernbrennstoffes einschl. der dazugehörigen Spezifikationen und der Beauftragung der Konditionierung durch die ehemaligen SUR-Betreiber wurden fortgesetzt.
- 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 durchgeführt. Es fand ein Projektgespräch statt, an dem u. a. die zuständigen Behörden der SUR-Betreiber und eine Repräsentantin aller SUR-Betreiber teilnahmen.

#### **4. Ergebnisse**

Eine wesentliche Voraussetzung für den Erfolg dieses Projektes ist der Vollzug des Inhaberwechsels des konditionierten Kernbrennstoffes von den ehemaligen SUR-Betreibern zu einem EVU. Diese Voraussetzung konnte auf der Grundlage von Detailgesprächen mit einem EVU geschaffen werden. Außerdem werden gegenwärtig technische Spezifikationen in Zusammenarbeit mit einem Betrieb für die Verarbeitung des konditionierten Kernbrennstoffes erarbeitet.

#### **5. Geplante Weiterarbeiten**

- AP1: Die planerischen Tätigkeiten zur Schaffung der genehmigungstechnischen Voraussetzungen werden fortgesetzt. Außerdem werden Umbaumaßnahmen vorgenommen.
- AP2: Die Festlegungen zu den Verfahrensabläufen werden detailliert.
- AP4: Die Erstellungen der Vertragsentwürfe bzgl. des Inhaberwechsels des Kernbrennstoffes einschl. der dazugehörigen Spezifikationen und der Beauftragung der Konditionierung durch die SUR-Betreiber werden weiterentwickelt. Weitere Vertragsentwürfe (z.B. für das Blendmaterial) und die Ausschreibung von Radioaktivtransporten 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.

#### **6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte**

keine

#### **7. Berichte, Veröffentlichungen**

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstr. 23, 35359 Gießen		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8192</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Workshop „Radiation Research – Science for the future“		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.09.2002 bis 31.12.2003	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2003 bis 30.06.2003	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 37.344,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Kiefer	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Der geplante Workshop hat das Ziel, den gegenwärtigen und zukünftigen wissenschaftlichen Stand der Strahlenforschung möglichst präzise zu beschreiben, um Grundlagen für die weitere Planungen zu schaffen. Durch Vorträge eingeladener Experten aus dem In- und Ausland soll nicht primär der aktuelle Stand dargestellt, sondern es sollen Entwicklungslinien aufgezeigt werden, um die Verbindungen mit anderen Disziplinen wie Molekularbiologie, Genetik, Krebsforschung und Medizin sichtbar zu machen.

Der Workshop findet vom 03.-07. Oktober 2002 im Strahlencentrum der Justus-Liebig-Universität statt.

Die Vorträge werden in einem speziellen Tagungsband publiziert.

### 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**

- Durchführung des Workshops.
- Kritische Durchsicht der eingegangenen Manuskripte des Workshops vom Oktober 2002 und Durchführung notwendiger Korrekturen.
- Vorbereitung der Manuskripte als PDF-File zur Erstellung der Druckvorlage.

### **4. Ergebnisse**

Der Workshop wurde erfolgreich durchgeführt, die eingegangenen Manuskripte wurden erfolgreich gesichtet.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Fertigstellung der Druckvorlage, Veröffentlichung im Springer-Verlag.

### **6. Erfindungen, Neuerungen, Verbesserungen, Schutzrechtsanmeldungen bzw. erteilte Schutzrechte**

keine

### **7. Berichte, Veröffentlichungen**

Die Buchveröffentlichung ist in Vorbereitung.



## 2.3 Ausführende Forschungsstellen

- |   |   |    |
|---|---|----|
| <b>Brenk Systemplanung, Heider-Hof-Weg 23, 52035 Aachen</b>   |   |    |
| 02 S 7900   | Verbundprojekt: Kontaminierter Beton: Betonfreigabe - Betonrezyklierung   | 44 |
| 02 S 8031   | Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation  | 58 |
| <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)-  | 56 |
| <b>DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31202 Peine</b>  |   |    |
| 02 S 8112   | Abdichtung von Wegsamkeiten in Salzformationen mit kristallisierenden Evaporitmaterialen (AISKRISTALL)  | 74 |
| <b>Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52425 Jülich</b>                                     |   |    |
| 02 S 8061   | Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation  | 64 |
| 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 | 70 |
| <b>Friedrich-Schiller-Universität, Fürstengraben 1, 07743 Jena</b>  |   |    |
| 02 S 7808   | Entwicklung von Grundlagen zu Sanierungstechniken für schwermetall- bzw. radionuklidkontaminierte Böden durch Nutzung des Transfers der Kontaminaten in Pflanzenbiomassen                             | 38 |
| <b>GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Infolstädter Landstraße 1, 85758 Oberschleißheim</b> |   |    |
| 02 S 8001   | Sonderaufgaben zur Schließung der Schachanlage Asse: Dokumentation und Archivierung von FE-Unterlagen   | 52 |
| <b>ISE, Ingenieurgesellschaft für Stilllegung und Entsorgung mbH, Carl-Zeiss-Straße 11, 63322 Rödermark</b>   |   |    |
| 02 S 7859   | Automatische verfälschungssichere Messfeld- und Messwertdokumentation bei Freimessungen mit In-situ-Gamma-Scanning  | 40 |
| <b>Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstr. 23, 35359 Gießen</b>  |   |    |
| 02 S 8192   | Workshop „Radiation Research – Science for the future“  | 88 |
| <b>Laserinstitut Mittelsachsen e.V., Technikumplatz 17, 09648 Mittweida</b>                                   |   |    |
| 02 S 8162   | Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung  | 84 |

<b>Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Templergraben 55, 52056 Aachen</b>
--

- |                  |  |      |
|------------------|--|------|
| <b>02 S 8071</b> | Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation   | 📖 66 |
| <b>02 S 8152</b> | Messmethoden zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle und zur Freimessung von Reststoffen aus der Stilllegung kerntechnischer Anlagen (MESRAB) | 📖 82 |

<b>Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstr. 45, 47719 Krefeld</b>
---

- |                  |  |      |
|------------------|--|------|
| <b>02 S 8011</b> | Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen -Weiterführende Untersuchungen (FORM III)- | 📖 54 |
| <b>02 S 8041</b> | Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation   | 📖 60 |

<b>STEAG encotec GmbH, Rüttenscheider Str. 1-3, 45128 Essen</b>
---

- |                  |  |      |
|------------------|--|------|
| <b>02 S 8172</b> | Entwicklung eines Konditionierungsverfahrens für Kernbrennstoffe aus dem Siemens-Unterrichts-Reaktor (SUR) | 📖 86 |
|------------------|--|------|

<b>Technische Universität Dresden, Mommsenstr. 13, 01062 Dresden</b>
--

- |                  |  |      |
|------------------|--|------|
| <b>02 S 8122</b> | Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung | 📖 76 |
|------------------|--|------|

<b>Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München</b>
--

- |                  |   |      |
|------------------|---|------|
| <b>02 S 7951</b> | Entsorgung von Beryllium / Berylliumoxid und Cadmium aus Forschungsreaktoren  | 📖 48 |
| <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 | 📖 68 |
| <b>02 S 8142</b> | Selektive Tritium-Extraktion aus Wasser und Bindung auf einen Träger  | 📖 80 |

<b>Universität Hannover, Welfengarten 1, 30060 Hannover</b>
---

- |                  |   |      |
|------------------|---|------|
| <b>02 S 7869</b> | Störungsprävention bei Zerlegearbeiten in kerntechnischen Anlagen durch Spannungsmessungen                                    | 📖 42 |
| <b>02 S 7991</b> | Entwicklung emissionsarmer und kostengünstiger Verfahrens- und Handhabungstechniken für Dekontaminations- und Abtragverfahren | 📖 50 |
| <b>02 S 8102</b> | Erweiterung der Einsatzgrenzen modularer Schneidtechnologien für den kostengünstigen Rückbau kerntechnischer Anlagen, EMOS    | 📖 72 |

<b>Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), 76128 Karlsruhe</b>
--

- |                  |   |      |
|------------------|---|------|
| <b>02 S 7910</b> | Verbundprojekt: Kontaminierter Beton: Rückbau kerntechnischer Anlagen - Eindringen von Radionukliden in Betonoberflächen und Freisetzung eingedrungener Aktivität aus Bauschutt und Beton | 📖 46 |
|------------------|---|------|

**Universität des Saarlandes, Im Stadtwald, 66421 Saarbrücken**

**02 S 8132** Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung  78

**Wismut GmbH, Jagdschänkenstraße 29, 09117 Chemnitz**

**02 S 8051** Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation  62