

# **Forschungszentrum Karlsruhe Technik und Umwelt**

**PTE Nr. 19**

Bericht über die im ersten Halbjahr 2000  
vom BMBF und BMWi geförderten FuE-Arbeiten zur  
„Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen“  
und  
„Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“

Projektträgerschaft Wassertechnologie und Entsorgung  
im Auftrag des  
Bundesministeriums für Bildung und Forschung  
und des  
Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie

**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH**  
**August 2000**

## **PTE-Berichte**

Der vorliegende Bericht dient der aktuellen Unterrichtung der im Rahmen der Förderkonzepte „Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen“ und „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“ FuE-Arbeiten durchführenden Forschungsstellen und der zuständigen Behörden.

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

## Vorwort

Die Forschungszentrum Karlsruhe GmbH hat im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) die Durchführung der Projektträgerschaft für den Programmbereich „Entsorgung“ übernommen.

Dieses umfasst die Förderkonzepte „Forschungsförderung zur Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen“ und „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“. Unter Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen wird hierbei die Endlagerung radioaktiver und die untertägige Entsorgung chemotoxischer Abfälle verstanden.

Im Rahmen dieses Auftrages betreut der Projektträger fachlich und administrativ die vom BMBF und BMWi im Rahmen der beiden Förderkonzepte geförderte FuE-Vorhaben. Die Betreuung der FuE-Vorhaben erfolgt für folgende Referate in den beiden Ministerien:

Endlagerung radioaktiver Abfälle	BMWi Referat III B4
Untertägige Entsorgung chemotoxischer Abfälle	BMBF Referat 421
Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung	BMWi Referat III B4
Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen	BMBF Referat 413

**Der vorliegende Projektfortschrittsbericht dokumentiert Stand und Ergebnisse dieser FuE-Vorhaben.** Er wird vom Projektträger *halbjährlich* herausgegeben, um alle Beteiligten über die durchgeführten Arbeiten zu informieren.

Dem Bericht liegt folgendes Gliederungsprinzip zugrunde:

Im *Teil 1* sind die FuE-Vorhaben dem jeweiligen Förderkonzept zugeordnet.

Im *Teil 2*, dem Hauptteil, sind die „formalisierten Zwischenberichte“ der FuE-Vorhaben, geordnet nach Förderkennzeichen, aufgeführt. Im Förderkennzeichen stehen die Buchstaben

- E ⇒ „Endlagerung radioaktiver Abfälle“,
- C ⇒ „Untertägige Entsorgung chemotoxischer Abfälle“,
- W ⇒ „Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung“,
- S ⇒ „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“.

Die vom BMWi betreuten FuE-Vorhaben, die sogenannten Hausvorhaben, sind mit der Buchstabenfolge KWA gekennzeichnet.

Im *Teil 3* sind die FuE-Vorhaben den jeweils ausführenden Forschungsstellen zugeordnet.



# Inhaltsverzeichnis








<b>1</b>	<b>VERZEICHNIS DER FÖRDERVORHABEN GEMÄß FuE-FÖRDERKONZEPTEN.....</b>	<b>1</b>
1.1	ENTSORGUNG GEFÄHRLICHER ABFÄLLE IN TIEFEN GEOLOGISCHEN FORMATIONEN .....	1
1.1.1	<i>Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten .....</i>	<i>1</i>
1.1.2	<i>Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien .....</i>	<i>3</i>
1.1.3	<i>Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung.....</i>	<i>9</i>
1.2	STILLEGUNG/RÜCKBAU KERntechnischer ANLAGEN .....	11
<b>2</b>	<b>FORMALISIERTE ZWISCHENBERICHTE .....</b>	<b>13</b>
2.1	E-VORHABEN .....	13
2.2	C-VORHABEN .....	94
2.4	W-VORHABEN .....	138
2.4	S-VORHABEN .....	146
<b>3</b>	<b>VERZEICHNIS DER AUSFÜHRENDEn FORSCHUNGSSTELLEN.....</b>	<b>180</b>



# 1 Verzeichnis der Fördervorhaben gemäß FuE-Förderkonzepten

## 1.1 Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen

### 1.1.1 Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten

<b>02 C 0486</b>	Grundlagenuntersuchungen zum Dickstoffverfahren mit chemisch/toxischen Abfällen, insbesondere MVA-Filteraschen, im Salinar	<b>Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg</b>	 95
<b>02 C 0516</b>	Schachtverschlüsse für untertägige Deponien in Salzbergwerken - Forschungsvorhaben Schachtverschluss Salzdorfurth Schacht SA II	<b>Kali und Salz Beteiligungs AG Kassel</b>	 97
<b>02 C 0547</b>	Entwicklung eines Grundkonzepts für langzeitstabile Streckenverschlussbauwerke im Salinar -Bau und Test eines Versuchsverschlussbauwerkes unter realen Bedingungen-	<b>TU Bergakademie Freiberg</b>	 103
<b>02 E 9118</b>	Untersuchungen zur hydraulisch wirksamen Auflockerungszone um Endlagerbereiche im Salinar in Abhängigkeit vom Hohlraumabstand und Spannungszustand	<b>Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln</b>	 36
<b>02 E 9188</b>	Untersuchungen zur Gas- und Wasserfreisetzung und der Wasserverteilung im Erhitzerversuch im OPALINUS-Ton des Mont Terri-Tunnels	<b>Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln</b>	 50
<b>02 E 9350</b>	Vergleichende Bewertung von Entsorgungsoptionen für radioaktive Abfälle	<b>Gruppe Ökologie, Hannover</b>	 85
<b>KWA 9901</b>	Unterstützungsprogramm Granit	<b>Forschungszentrum Karlsruhe GmbH</b>	 177





### 1.1.2 Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien

<b>02 C 0527</b>	In-situ-Ermittlung von Strömungskennwerten natürlicher Salzgesteine in Auflockerungszonen gegenüber Gas und Salzlösungen unter den gegebenen Spannungsbedingungen im Gebirge	<b>TU Bergakademie Freiberg</b>	📖 99
<b>02 C 0537</b>	Entwicklung und In-situ-Test akustischer Verfahren zur zerstörungsfreien Beurteilung von Auflockerungszonen im Salinar	<b>Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., München</b>	📖 101
<b>02 C 0558</b>	Komplexes Mess- und Auswerteeinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und UTD im Salinar - Geologie, Einbeziehung von Geoelektrik und Seismik	<b>Universität Leipzig</b>	📖 105
<b>02 C 0568</b>	Komplexes Mess- und Auswerteeinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und Untertagedeponien im Salinar; Einbeziehung von Sonarverfahren	<b>Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., München</b>	📖 107
<b>02 C 0578</b>	Komplexes Mess- und Auswerteeinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und UTD im Salinar - Einbeziehung elektromagnetischer Verfahren	<b>Nieders. Landesamt für Bodenforschung -Geowissenschaftl. Gemeinschaftsaufgaben-, Hannover</b>	📖 109
<b>02 C 0588</b>	Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des grubenraumnahen Gebirges in Verbindung mit der Planung von Damm- und Verschlussbauwerken im Salinar –Teil A: Mechanische Modellbildung und mechanisch-hydraulische Tragwerksanalyse-	<b>TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld</b>	📖 111
<b>02 C 0598</b>	Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des grubenraumnahen Gebirges in Verbindung mit der Planung von Damm- und Verschlussbauwerken im Salinar –Teil B: Hydraulische Modellbildung-	<b>TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld</b>	📖 113
<b>02 C 0608</b>	Geochemische Barriereeffizienz im anaeroben Deponienahfeld einer UTD (Geochemische Barriere)	<b>Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln</b>	📖 115
<b>02 C 0618</b>	Erstellung einer Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung geochemischer Informationen zum Verhalten von Abfallinhaltsstoffen im Deckgebirge einer UTD/UTV (Sorptionsdatenbank Chemieabfälle)	<b>Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln</b>	📖 117

02 C 0628	Modellrechnungen zur großräumigen dichteabhängigen Grundwasserbewegung	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	119
02 C 0639	Prognose der dynamischen Langzeitstabilität von Grubengebäuden im Salinar	IfG, Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig	121
02 C 0649	Untersuchungen zur Langzeitsicherheit von UTD in Salzformationen der flachen Lagerung im Zusammenhang mit dem Verformungs- und Bruchverhalten –Phase III-	IfG, Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig	123
02 C 0659	Langzeitstabilität von Tondichtungen in Salzformationen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	125
02 C 0669	Hydraulische Kennwerte von tonhaltigen Mineralgemischen zum Verschluss von Untertagedeponien	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	127
02 C 0679	Erstellung und Nutzung einer Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung methoden-abhängiger Informationen zum Mobilisationsverhalten und zum Schadstoffpotential von organisch und anorganisch belasteten Feststoffen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	129
02 C 0689	Gasfreisetzung aus chemisch-toxischen Abfällen in Untertagedeponien	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	131
02 C 0699	Untersuchungen zur Entwicklung, Anwendung und Eignung von mineralischen Gelen und Bindemittelsystemen auf Sorelbasis zur Einbettung und Sorption schadstoffhaltiger Abfallstoffe und zur Verbesserung der Barrierewirkung von Versatz	Kali-Umwelttechnik GmbH Sondershausen	133
02 C 0709	Geochemische Untersuchungen zur Retention von geogenen/anthropogenen Kohlenstoffverbindungen für toxische Schwermetalle	Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung e.V., Leipzig	135
02 E 8805	Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	14
02 E 8855	Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	16



02 E 8946	Entwicklung und Erprobung redundanter faseroptischer Messsysteme mit Selbstkontrolle zur Endlagerüberwachung	Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE), Peine	18
02 E 8986	Untersuchungen zur geochemischen Stabilität von Tonen in Endlagern und Untertagedeponien im Salzgestein	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	20
02 E 9006	Gasfreisetzung und Migration im Boom-Clay von Mol im Projekt >Corrosion on Active Glass in Underground Conditions< (CORALUS) at SCK-CEN in Mol	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	22
02 E 9037	Zweiphasenfluss-Experimente im geklüfteten wasserführenden Kristallin >Gastransport in geklüfteten teilgesättigten Gebirgen<	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover	24
02 E 9047	Wirksamkeit der Abdichtung von Versatzmaterialien -Geochemische Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Salzversatz mit Zuschlagstoffen-	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	26
02 E 9057	Wirksamkeit der Abdichtung von Versatzmaterialien – Technikums- und In-situ-Versuche am Dreistoffsystem polymineralisches Salzgestein-Versatzstoff-Fluid-	Kali-Umwelttechnik GmbH Sondershausen	28
02 E 9067	U-Th-Isotopenverteilung als natürliches Analogon zur Mobilität von Actiniden in granitischen Gesteinen	TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	30
02 E 9098	Entwicklung und Erprobung von zerstörungsfreien seismischen In-situ-Methoden zur Beurteilung der geomechanischen und hydraulischen Gebirgseigenschaften in der Umgebung untertägiger Hohlräume in Endlagerformationen	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover	32
02 E 9108	Untersuchungen zur Radionuklidfreisetzung und zum Korrosionsverhalten von bestrahltem Kernbrennstoff aus Forschungsreaktoren unter Endlagerbedingungen	Forschungszentrum Jülich GmbH	34
02 E 9128	Tertiäre Sedimente als Barriere für die U/Th-Migration im Fernfeld von Endlagern	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	38
02 E 9138	Entwicklung eines Modells zur Beschreibung des geochemischen Milieus in hochsalinaren Lösungen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	40
02 E 9148	Entwicklung eines Programms zur dreidimensionalen Modellierung des Schadstofftransportes	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	42
02 E 9158	Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Spannungsumlagerungen (BARIAN)	IfG, Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig	44

02 E 9168	Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Gebirgsspannungsumlagerungen (BARIAN)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 46
02 E 9178	Aktualisierung sicherheitsanalytischer Rechenprogramme für Teilsysteme eines Endlagers (ARTE)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 48
02 E 9198	Untersuchungen zur Gasausbreitung in den technischen Barrieren Beton und Bentonit sowie im Granit im Felslabor Grimsel (Phase V)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 52
02 E 9208	Felslabor Grimsel (Phase V): Effektive Parameter (EFP) -Begleitende geoelektrische Untersuchungen-	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 54
02 E 9218	Deutsch-Schweizerische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung (Felslabor Grimsel Phase V). Teilprojekt I: Effektive Parameters (EFP); Teilprojekt II: Numerical Calculation of Two-Phase Flow.	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover	📖 56
02 E 9228	Weiterführung der Arbeiten zu den experimentellen und numerischen Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover	📖 58
02 E 9239	Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 60
02 E 9249	Entwicklung und In-situ-Erprobung faseroptischer Überwachungssysteme unter dem Aspekt des Nachweises der Betriebssicherheit in einem Endlager	Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE), Peine	📖 62
02 E 9259	Untersuchung des Spannungszustandes und des gebirgsmechanischen Verhaltens von Versatz und Wirtsgestein in Abhängigkeit von der Temperatur	IfG, Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig	📖 64
02 E 9269	Abschließende Auswertung des Projektes „Thermische Simulation der Streckenlagerung / Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar“	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 66
02 E 9279	Geoelektrische Untersuchung der Aufsättigung von Bentonitbarrieren im HRL-Äspö-Projekt „Prototype Repository“	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 68
02 E 9289	Versuchsfeldaufwältigung und Rückgewinnung von Materialproben und Messeinrichtungen	Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE), Peine	📖 70

02 E 9299	Untersuchungen über die Komplexierung und die Migration von Aktiniden und nichtradioaktiven Stoffen mit Huminsäuren unter geogenen Bedingungen – Komplexierung von Huminsäuren mit Aktiniden in der Oxidationsstufe IV Th, U, Np	<b>FZR, Forschungszentrum Rossendorf, Schönfeld-Weißig</b>	📖 72
02 E 9309	Untersuchungen über das Komplexierungsverhalten von Huminsäuren und deren Einfluss auf die Migration von radioaktiven und nichtradioaktiven Stoffen	<b>Johannes Gutenberg-Universität, Mainz</b>	📖 74
02 E 9319	Erweiterung der Datenbasis zur thermodynamischen Modellierung der Reaktionen CaSO <sub>4</sub> -haltiger Minerale und des Glaserits bei Temperaturen bis 200°C	<b>TU Bergakademie, Freiberg</b>	📖 77
02 E 9329	Komplexierung und Migration von Al, Ga, In, Sc, Y, La und Schwermetallen mit Huminsäure	<b>Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung e.V., Leipzig</b>	📖 79
02 E 9330	Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen	<b>TU Bergakademie Freiberg</b>	📖 81
02 E 9340	Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen	<b>Battelle Ingenieurtechnik GmbH, Frankfurt</b>	📖 83
02 E 9360	Einfluss von Kolloiden auf die Migration von Actiniden	<b>TU München</b>	📖 87
02 E 9370	Weiterentwicklung von Simulationstechniken für Gas-Wasser-Prozesse in geklüftet-porösen Medien auf der Feldskala	<b>Universität Stuttgart</b>	📖 89
02 E 9380	Migrations- und Sorptionsuntersuchungen geogener Lösungen in Wirtsgesteinsformationen (Tone, Tongestein, Salzgestein) mittels tomographischer Radiotracerverfahren (PET)	<b>Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung e.V., Leipzig</b>	📖 91



### 1.1.3 Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung







- |                  |  |                                      |   |
|------------------|--|--------------------------------------|---|
| <b>02 W 6218</b> | Entwicklung digitaler Safeguardstechniken zur Verbesserung der Effektivität und der Kosteneffizienz und Anpassung an das neue Safeguardssystem INFCIRC/540 | <b>Forschungszentrum Jülich GmbH</b> |  139 |
| <b>02 W 6228</b> | Das "gestärkte Safeguardssystem" und die Nichtverbreitungs-Herausforderungen –Perspektiven und innovative Lösungsansätze-                                  | <b>Forschungszentrum Jülich GmbH</b> |  142 |





## 1.2 Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen

02 S 7738	Entwicklung und prototypische Anwendung eines In-situ-Röntgenfluoreszenz-Gammaspektrometers zur Detektion der Schwermetallkontamination (Th, U, Pu) beim Rückbau kerntechnischer Anlagen	<b>Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V., Dresden</b>	📖 147
02 S 7758	Entwicklung und Qualifizierung neuer Zerlege- und Dekontaminationstechniken für den Rückbau von Forschungsreaktoren unter dem Gesichtspunkt der Kostenminimierung	<b>Universität Dortmund</b>	📖 149
02 S 7768	Schnelles Freimessverfahren für alpha-aktive Nuklide in Bauschutt durch Direktmessung von großflächigen dünnen Messpräparaten -Automatisierung des Verfahrens-	<b>Forschungszentrum Rossendorf e.V. (FZR), Dresden</b>	📖 151
02 S 7788	Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen - Weiterführende Untersuchungen (EBER II)-	<b>Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin</b>	📖 153
02 S 7798	Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen -Weiterführende Untersuchungen (FORM II)-	<b>Siempelkamp Nuklear- und Umwelttechnik GmbH &amp; Co., Krefeld</b>	📖 155
02 S 7808	Entwicklung von Grundlagen zu Sanierungstechniken für schwermetall- bzw. radionuklidkontaminierte Böden durch Nutzung des Transfers der Kontaminaten in Pflanzenbiomassen	<b>Friedrich-Schiller-Universität, Jena</b>	📖 157
02 S 7818	Entwicklung und Optimierung modularer Strahlschneid- und Handhabungssysteme für den kostengünstigen Rückbau kerntechnischer Anlagen	<b>Universität Hannover</b>	📖 159
02 S 7828	Planung zur Schließung der Schachtanlage Asse - Grundlagenermittlung und Vorplanung zu Abschnitt 2.2 des Rahmenterminplans	<b>GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Oberschleißheim</b>	📖 161
02 S 7839	Überarbeitung und Aktualisierung der Untersuchung zu Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen aufgrund geänderter Rahmenbedingungen	<b>Brenk Systemplanung, Aachen</b>	📖 163

<b>02 S 7849</b>	Trennen von graphitischen Reaktorbauteilen	<b>Universität Dortmund</b>	 165
<b>02 S 7859</b>	Automatische verfälschungssichere Messfeld- und Messwertdokumentation bei Freimessungen mit In-situ-Gamma-Scanning	<b>ISE, Rödermark</b>	 167
<b>02 S 7869</b>	Störungsprävention bei Zerlegearbeiten in kerntechnischen Anlagen durch Spannungsmessungen	<b>Universität Hannover</b>	 169
<b>02 S 7879</b>	Verbundprojekt: Untersuchungen zu Konditionierungsmethoden für eine Langzeitzwischenlagerung von radioaktiven Abfällen aus dem Betrieb und der Stilllegung kerntechnischer Anlagen. Teilprojekt: Technische Anwendbarkeit von Polysiloxanen	<b>Forschungszentrum Karlsruhe GmbH</b>	 171
<b>02 S 7889</b>	Verbundprojekt: Untersuchungen zu Konditionierungsmethoden für eine Langzeitzwischenlagerung von radioaktiven Abfällen aus dem Betrieb und der Stilllegung kerntechnischer Anlagen. Teilprojekt: Verfahrenstechnische Untersuchungen und Vorhabenkoordinierung	<b>Stoller GmbH, Dresden</b>	 173
<b>02 S 7899</b>	Verbundprojekt: Untersuchungen zu Konditionierungsmethoden für eine Langzeitzwischenlagerung von radioaktiven Abfällen aus dem Betrieb und der Stilllegung kerntechnischer Anlagen. Teilprojekt: Laboruntersuchungen zu Polysiloxanen	<b>Forschungszentrum Jülich GmbH</b>	 175

## **2 Formalisierte Zwischenberichte**

### **2.1 E-Vorhaben**

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 8805</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.1996 bis 31.03.2000		<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 31.03.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> <b>5.904.029,00 DM</b>		<b>Projektleiter:</b> Dipl. Geophysiker Rothfuchs	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Demonstrationsversuch "Thermische Simulation der Streckenlagerung ausgedienter Brennelemente" sind je drei Großbehälter von ca. 5,5 m Länge, 1,5 m Durchmesser und 65 t (Mg) Gewicht in zwei parallel angeordneten Strecken im Salzbergwerk Asse eingebaut worden. Nach dem Versetzen der Strecken mit Salzgrus wurden die Versuchsbehälter über acht Jahre beheizt und die Reaktionen zwischen Versuchsbehältern, Versatzmaterial und Streckennahbereich untersucht. Das Ziel des Vorhabens ist die Untersuchung des Verhaltens von Versatz und Gebirge unter den in einem salinaren Endlager für wärmeerzeugende Abfälle zu erwartenden Bedingungen.

Fortsetzung des Vorhabens "Arbeiten zur direkten Endlagerung von Brennelementen".

Das Vorhaben wurde von 1996 bis 1998 im Rahmen des Projektes „Backfill and Material Behaviour in Underground Salt Repositories (BAMBUS)“ von der Europäischen Union (EU) gefördert.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Projektmanagement und Versuchsbetrieb
- Messung und Bewertung der thermischen und thermomechanischen Reaktionen von Versatz und Gebirge
- Gasbildung und Gasfreisetzung im Versatz
- Laboruntersuchungen zur Ermittlung von Porosität und Permeabilität an kompaktiertem Versatz
- Vergleichsstudie verschiedener Stoffansätze für Versatz (Unterauftrag DBE)
- In-situ-Permeabilitätsmessungen in der Auflockerungszone am Ende der Aufheizung

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Nach der Abschaltung der Erhitzer am 1. Februar 1999 wurden die versuchsbegleitenden geotechnischen Messungen sowie die Feuchtemessungen im Versatz während der Abkühlphase fortgeführt.

#### **4. Ergebnisse**

In der letzten Versuchsphase nahmen die Temperaturen langsam weiter ab. Ende März 2000 wurden im ehemaligen Erhitzerbereich einheitlich ca. 50°C gemessen. Die Streckenkonvergenzen, die im heißen Bereich nach Beginn der Abkühlung von 0,4 - 0,5 %/a bis auf 0,02 %/a abgesunken waren, blieben nahezu unverändert. Im kalten Bereich sanken die Konvergenzraten nach einem vorübergehenden Anstieg nach Abschaltung der Erhitzer auf 0,2 - 0,3 %/a, d. h. auf die Ausgangswerte vor Aufheizbeginn. Die Versatzporosität blieb im heißen Bereich aufgrund der niedrigen Konvergenzen fast konstant und lag zuletzt bei 23,5 - 24,7 %, im kalten Bereich dagegen bei 29,5 - 31,5 %. Der Versatzdruck war im heißen Bereich nach Abschalten der Erhitzer deutlich abgesunken (von max. 4 MPa auf bis zu 0,05 MPa), stieg aber in einigen Messquerschnitten während der Abkühlung wieder an. Ende März 2000 wurden im heißen Bereich zwischen 0,4 - 1,6 MPa gemessen. Im kalten Bereich stieg der Versatzdruck weiter auf 0,45 - 0,6 MPa an.

Die Feuchtemessungen im Porenraum des Versatzes zeigten eine Abnahme des Wassergehaltes während der Abkühlphase. Während am Ende der Aufheizung ein temperaturkorrigierter Wassergehalt von 22 - 27 g Wasser pro m<sup>3</sup> Luft gemessen worden war, lag der Wassergehalt am Ende des Versuches bei 12,5 - 23 g Wasser pro m<sup>3</sup> Luft.

Um eine mögliche Beeinflussung der Arbeitsplatzbedingungen durch Luftschadstoffe während der geplanten Streckenauffahrung abschätzen zu können, wurde im Februar 2000 eine vorlaufende Bohrung in den aufgeheizten Versatz erstellt, aus der Gas- und Feststoffproben entnommen wurden. Bei allen ermittelten leichtflüchtigen organischen Verbindungen lagen die gemessenen Konzentrationen unterhalb der gesetzlichen MAK- und TRK-Werte.

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

Die geotechnischen In-situ-Untersuchungen und Feuchtemessungen in der laufenden Abkühlphase werden bis Ende März 2000 beendet. Im Rahmen des Anschlussprojektes "Abschließende Auswertung des Projektes "Thermische Simulation der Streckenlagerung /Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar (FKZ 02 E 9269)"" soll ab Mitte 2000 eine Versuchsstrecke zur Rückgewinnung von Proben für Nachuntersuchungen aufgewältigt werden.

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

keine

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

Droste, J., Feddersen, H.-K., Rothfuchs, T., Wiczorek, K.: Experimental Investigations on the Backfill Behaviour in Disposal Drifts in Rock Salt (TSS project), Final Report, GRS-xxx, Braunschweig (im Druck)

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 8855</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.04.1996 bis 31.01.2000	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 31.01.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 3.451.666,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Brewitz	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen des Vorhabens werden die wissenschaftlichen Ergebnisse von experimentellen und theoretischen FuE-Vorhaben im Hinblick auf ihre Berücksichtigung in Modellvorstellungen und Modelldaten für Langzeitsicherheitsanalysen ausgewertet. Beantragte und laufende Projekte werden hinsichtlich ihrer Relevanz für die Bewertung der Langzeitsicherheit überprüft.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- TA 1: Verfolgung internationaler Entwicklungen zu offenen Fragen bei Langzeitsicherheitsnachweisen und Überprüfung der Übertragbarkeit von Ergebnissen auf deutsche Verhältnisse.
- TA 2: Bewertung von Projektanträgen und -ergebnissen und Identifizierung zukünftiger FuE-Vorhaben auf der Basis vorhandener Kenntnislücken.
- TA 3: Auswertung neuer wissenschaftlicher Ergebnisse und Erarbeitung aktualisierter Modelle und Daten zur Verwendung in Instrumentarien für Langzeitsicherheitsanalysen.
- TA 4: Verfolgung und Begleitung von Vorhaben über Natürliche Analoga und Bewertung ihrer Relevanz für den Langzeitsicherheitsnachweis von Endlagern.
- TA 5: Erstellung und Anwendung eines vollständigen Instrumentariums für die Langzeitsicherheitsanalyse eines deutschen Endlagers für radioaktive Abfälle in Hartgestein.
- TA 6: Statusanalyse internationaler Arbeiten zur Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen der hydrologischen, klimatischen und geologischen Verhältnisse in Langzeitsicherheitsanalysen.

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- TA 1 bis TA 6: Dokumentation aller Arbeiten und Fertigstellung des Abschlussberichtes, sowie unter Punkt 7 aufgeführten Berichte zu speziellen Einzelthemen.

#### **4. Ergebnisse**

TA 5: Der EU-Abschlussbericht zum Projekt Spent Fuel Performance Assessment (SPA) wurde veröffentlicht

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

Die Arbeiten zu diesem Projekt wurden am 31.01.2000 abgeschlossen.

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

keine

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

[1] P. Baudoin, D. Gay, C. Certes, C. Serres, J. Alonso, L. Lührmann, K.H. Martens, D. Dodd, J. Marivout, T. Vieno: Spent fuel disposal Performance Assessment - SPA project. Final Report. EUR 19132 EN, Luxemburg 2000.

[2] L. Lührmann, U. Noseck, R. Storck: Spent Fuel Performance Assessment (SPA) for a hypothetical repository in crystalline formations in Germany. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS- 154, Braunschweig 2000.

[3] U. Noseck, L. Lührmann, R. Storck: Spent Fuel Performance Assessment for a Generic Repository in Crystalline Formations in Germany. in: Proceedings of the Euradwaste-99-Radioactive waste management strategies and issues. EUR 19143 EN, Luxemburg, 15.-18. November 1999.

[4] U. Noseck: Zusammenstellung und Auswertung geochemischer Untersuchungen zum Radionuklidverhalten aus ausgewählten Studien über Natürliche Analoga. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-155, Braunschweig 2000. (to be published)

[5] U. Noseck: Grundlegende Ausbreitungsrechnungen mit dem Transportprogramm CHETLIN. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-156, Braunschweig 2000. (to be published)

[6] U. Noseck, W. Brewitz, D. Becker, D. Buhmann, E. Fein, R.-P. Ilirsekorn, K.P. Kröhn, T. Kühle, I. Müller-Lyda, R. Storck: Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlager. Abschlussbericht. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-153, Braunschweig 2000. (to be published)

<b>Auftragnehmer:</b> DBE, Eschenstraße 55, 31224 Peine		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 8946</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entwicklung und Erprobung redundanter faseroptischer Messsysteme mit Selbstkontrolle zur Endlagerüberwachung		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1996 bis 31.01.2000	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 31.01.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 4.415.800,86 DM	<b>Projektleiter:</b> Herr Jobmann	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen dieses Vorhabens sollen, orientiert an vorgegebenen Grubengebäuden, faseroptische Sensorsysteme konzipiert und entwickelt werden, die in der Lage sind, den jeweiligen Überwachungsbedarf langfristig verlässlich zu decken. Basierend auf den Empfehlungen der Voruntersuchung (Vorhaben 02 E 8735 9) wurden Sensoren zur Entwicklung selektiert, die in der Lage sein werden, charakteristische Größen des Standsicherheitsnachweises wie Temperatur, Verschiebung etc. zu messen sowie betriebsgefährdende Gase wie beispielsweise Kohlendioxid oder Wasserstoff. Mittels Software-Schnittstellen zu visualisierenden Computerprogrammen soll die Möglichkeit geschaffen werden, gemessene Veränderungen optimal zu analysieren und damit fundierte Prognosen des Gesteinsverhaltens zu erstellen. Es soll ein möglichst wartungsfreier Betrieb und eine lückenlose Überwachung sicherheitsrelevanter Größen während der Betriebsphase möglich werden. Auf der Basis dieser Netzwerkmodule soll ein Konzept zur kompletten Überwachung eines vorgegebenen Grubengebäudes erarbeitet werden.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Projektmanagement
2. Systemplanung
3. Modulentwicklung
  - a) Laborversuche
  - b) In-situ-Versuche
4. Netzwerkplanung
5. Berichtswesen



### **3. Durchgeführte Arbeiten**

Zu 5: - Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens wurden, nach Abstimmung mit allen Beteiligten, in einem Abschlussbericht dokumentiert.

### **4. Ergebnisse**

Nach Entwicklung und erfolgreichem Test der Sensoren im Labor wurden, mit Ausnahme der Gas-Sensoren, Testsysteme für einen untertägigen Einsatz gefertigt und in der Schachanlage Konrad der DBE in situ getestet. Die im Rahmen dieser In-situ-Tests aufgetretenen Probleme konnten zum größten Teil innerhalb der Projektlaufzeit gelöst werden, so dass am Ende Messsysteme zur Verfügung stehen, die ihre Funktionalität unter In-situ-Bedingungen bewiesen haben.

Die entwickelte Sensorik bietet Anwendungsmöglichkeiten im Rahmen einer Endlagerüberwachung, die neben betrieblichen Vorteilen auch eine engere Verknüpfung zwischen numerischen Sicherheitsanalysen und messtechnischer Beobachtung ermöglichen.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

keine

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

keine

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

Der Abschlussbericht liegt vor und besteht aus zwei Bänden:

Teil I: Entwicklung und Erprobung redundanter faseroptischer Messsysteme mit Selbstkontrolle zur Endlagerüberwachung - Zusammenfassung und Auswertung.

Teil II: Development and Test of Redundant Fiber Optic Sensing Systems with Self Operating Control for Monitoring at Final Disposal Sites - Technical Descriptions.

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 8986</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Untersuchungen zur geochemischen Stabilität von Tonen in Endlagern und Untertagedeponien im Salzgestein			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.07.1996 bis 31.12.2000		<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 2.411.405,00 DM		<b>Projektleiter:</b> Dr. Herbert	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Es werden experimentelle und theoretische Grundlagen für die Beschreibung des mineralogisch-geochemischen Verhaltens von Tonen im Kontakt zu hexären Salzlösungen geschaffen. Ein theoretisches Modell wird erstellt, das es erlaubt, den Wassereinbau und das Quellverhalten von Tonen im Kontakt mit Salzlösungen unterschiedlicher Konzentration rechnerisch zu ermitteln. Das Modell wird auf Messungen der Veränderungen des Ionenbesatzes in hexären Salzlösungen mit unterschiedlichen Konzentrationsverhältnissen zwischen jeweils zwei Kationen beruhen und soll durch Messungen in endlagerrelevanten hexären Na-K-Ca-Mg-Cl-SO<sub>4</sub>-Lösungen validiert werden. Untersucht und quantifiziert werden die mineralogisch-geochemischen Eigenschaften von quellfähigen und nichtquellfähigen Tonen. Aus dem Vergleich der Eigenschaften werden Aussagen zur Stabilität von Tonen in Endlagern und Untertagedeponien in Salzformationen abgeleitet.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Vorhaben umfasst zwei Arbeitspakete:

### AP1: Praktische Arbeiten

- 1.1 Beschaffung des Probenmaterials (Na-Bentonit, Ca-Bentonit, Illit und Fe-Chlorit)
- 1.2 Aufbereitung und Charakterisierung des Probenmaterials
- 1.3 Planung und Durchführung der Versuche zur Erstellung der Austauschisothermen mit den unterschiedlichen Tonen und den unterschiedlichen Salzlösungen
- 1.4 Messung des Wassereinbaus

### AP2: Theoretische Arbeiten

- 2.1 Erstellung eines theoretischen Modells und eines Rechenprogramms zur Auswertung der Messergebnisse, Erstellung der Austauschisothermen
- 2.2 Erstellung eines Formalismus zur Berechnung von Selektivitätskoeffizienten zur Quantifizierung des Kationeneinbaus in die Zwischenschichten und an den Außenflächen

- 2.3 Berechnung des Wassereinbaus in die Zwischenschichten
- 2.4 Korellierung des Ioneneinbaus mit dem Wassereinbau und mit Ergebnissen von Quelldruckmessungen
- 2.5 Vergleich der Ergebnisse für die unterschiedlichen Tone und Ableitung von Aussagen zur Stabilität

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

Die Arbeiten in Freiberg zur Ermittlung der Quelldrucke von MX-80 mit Modelllösungen der IP-Serie wurden fortgesetzt. Eine eigene Apparatur zur Bestimmung von Quelldrucken kompaktierter Tone wurde aufgebaut und in Betrieb genommen. Bisher wurden in der eigenen Apparatur ausschließlich Versuche mit MX-80 / IP9-Lösung unternommen. Es wurde mit der Entwicklung eines Verfahrens begonnen, das es ermöglichen, die bisher notwendige Zeitdauer von mehreren Monaten für die Versuche auf wenige Tage bis Wochen zu verkürzen.

### **4. Ergebnisse**

Aus den bisherigen Ergebnissen lässt sich kein belastbarer Zusammenhang der ermittelten Quelldrucke mit dem Kaliumgehalt der Lösung ableiten. Die mit Wiederholungsversuchen zur Bestimmung von Quelldrucken in Freiberg erreichte Reproduzierbarkeit erlaubt eine solche Aussage noch nicht. Reproduzierbare und mit den Ergebnissen aus Freiberg vergleichbare Versuchsergebnisse konnten in Braunschweig noch nicht gewonnen werden. Allerdings deutet sich an, dass eine homogene Durchfeuchtung des Tonkörpers in wesentlich kürzeren Zeiträumen möglich ist als bisher praktiziert.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Weiterentwicklung und Erprobung eines neuen Verfahrens zur Bestimmung von Quelldrucken kompaktierter Tone in Versuchszeiträumen von Tagen bis Wochen. Durchführung weiterer Quelldruckmessungen, zunächst mit IP9-Lösung, danach mit weiteren IP-Lösungen. Fertigstellung des Abschlussberichtes, Vorbereitung einer Veröffentlichung.

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

keine

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

keine

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9006</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Gasfreisetzung und Migration im Boom-Clay von Mol im Projekt >Corrosion on Active Glass in Underground Conditions< (CORALUS) at SCK-CEN in Mol			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.1997 bis 30.04.2000		<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.04.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 708.377,50 DM		<b>Projektleiter:</b> Dr. Jockwer	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Untertagelabor in Mol (HADES) sollen in einem Versuchsfeld (CORALUS) die Korrosion einer aktiven Glasmatrix in Tonformationen sowie die Freisetzung und Ausbreitung von Radionukliden untersucht werden. SCK-CEN (Belgien) nimmt bei diesem internationalen Vorhaben die Projektleitung und Koordination wahr und übernimmt die mineralogisch-chemische Untersuchung des Tonsteins sowie des Versatzmaterials und die chemischen Untersuchungen der Formationswässer. Von GRS sollen die für die Interpretation der Glaskorrosion und die Ausbreitung der Radionuklide wichtigen Daten der Gaserzeugung und -freisetzung ermittelt sowie die Gasausbreitung und die Gasadsorption im Ton untersucht werden. Ziel der Untersuchungen auf deutscher Seite ist es, in Ergänzung zu den im Salzgestein gewonnenen Daten auch solche aus Tonformationen zu ermitteln, da Ton und Tonmineralgemische als Verschlussmaterialien in Schächten, Kammern und Strecken in Salzformationen eingesetzt werden sollen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

### AP 1 Laboruntersuchungen

Bestimmung der Gasbildung und -freisetzung aus natürlich feuchtem und trockenem Tonstein sowie potentiellen Versatzmaterialien

Bestimmung petrophysikalischer Parameter wie Gasdiffusion, Porosität und Permeabilität von Tonstein und Versatzmaterialien.

### AP 2 In-situ-Messungen

Bestimmung der In-situ-Gaspermeabilität, -freisetzung und -ausbreitung

Bestimmung der Gasspeicherkapazität im Versuchsfeld CORALUS im Forschungsbergwerk HADES in MOL

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

Die Diffusionsmessungen in den 3 verschiedenen Verfüllmaterialien im trockenen sowie wassergesättigten Zustand wurden abgeschlossen.

Die Installation des zweiten Untersuchungsbohrloches wurde vorbereitet. Für die Phase 2 des Projektes sind die Anträge auf Finanzierung bei der Kommission der Europäischen Gemeinschaften und beim Bundesministerium für Wirtschaft eingereicht worden.

### **4. Ergebnisse**

Die Diffusionskonstanten der verschiedenen Verfüllmaterialien in trockenem Zustand liegen im Bereich von  $100$  bis  $400 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$  und im wassergesättigten Zustand waren sie kleiner als  $0,1 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ .

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Der Abschlussbericht für die Versuchsphase 1997 – 2000 ist erstellt worden.

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

keine

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

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> BGR, Stilleweg 2, 30655 Hannover		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9037</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Zweiphasenfluss-Experimente im geklüfteten wasserführenden Kristallin >Gastransport in geklüfteten teilgesättigten Gebirgen<		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.1997 bis 30.06.2000	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.617.800,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Liedtke	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung von Modellen zur Berechnung von Zweiphasen-Strömungs- und Transportvorgängen im wasserführenden geklüfteten Fels und die Vertiefung der Kenntnisse zu den Zweiphasenfluss-Prozessen. Hierzu wird im schwedischen Untertagelabor HRL Äspö gemeinsam mit der GRS durch Feldversuche eine Datenbasis mit spezifischen Formationsparametern aufgestellt, die als Grundlage für die Interpretation der Zweiphasenfluss-Experimente und der Modellberechnungen dient. Die numerischen Modelle und die Computercodes werden entsprechend den in den Vergleichen zwischen Experimenten und Modellberechnungen erzielten Ergebnissen weiterentwickelt. Es sind erhöhte Temperaturen und der Quelldruck des Versatzmaterials auf das umgebende Gebirge zu berücksichtigen.

Das Vorhaben ist eingebunden in die durch den Vertrag des BMWi mit der schwedischen SKB geregelte deutsch-schwedische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Two Phase Flow - Gastransport im geklüfteten teilgesättigten Gebirge

AP2: Tracer Retention Understanding Experiments (TRUE)

AP3: Hydrogeologische und hydrochemische Modellierung zur Untersuchung der Wirkung der Tunnelkonstruktion auf das Grundwasser-System in Äspö

### 3. Durchgeführte Arbeiten

AP1: - Gas-Wasser Versuch mit den Tracern Helium in der Gasphase und Frischwasser in der salzigen Wasserphase durchgeführt

- Equipment aus dem Versuchsort entfernt

- Bericht erstellt

- Abschlussgespräch mit den Partnern durchgeführt

- AP2: - Bericht und Vortrag über die Ergebnisse der Modellberechnungen der sorbierenden radioaktiven Tracer
- AP3: - Erweiterung des Mehrkluft-Strömungs- und Transportmodells mit Ermittlung der Zuflussraten in den Tunnel, den Fließpfaden, den Strömungsgeschwindigkeiten und den Transportzeiten unter Berücksichtigung chemischer Reaktionen
- Bestimmung der Anfangsverteilung der vier Referenzwässer (meteorisches Wasser, glaziales Wasser, Seewasser, salinates Tiefenwasser) im Umfeld des HRL Äspö
  - Zusammenfassung der ersten Ergebnisse in einem Bericht

#### **4. Ergebnisse**

- AP1: Die hydraulischen Permeabilitäten der Klüfte liegen zwischen  $K_k = 1e-16$ – $1e-12$  m<sup>2</sup>. Die In-situ-Versuche konnten mit dem erstellten 3D Computerprogramm zur Berechnung von Transportprozessen in der Zweiphasenströmung berechnet werden. Auswertungen mit dem 2D-Programm TOUGH2 ohne Transport zeigen im Vergleich mit den In-situ-Daten zufriedenstellende Rechenergebnisse.
- AP2: Die Sorptionseigenschaften des geklüfteten Gebirges für radioaktive Stoffe mit großer Sorption können durch gekoppelte Modelle simuliert werden.
- AP3: Der Vergleich der Messdaten mit den Modelldaten zeigt den Zulauf von Frischwasser unter den Inseln und dem Festland. Unterschiedliche Salzkonzentrationen des zufließenden Wassers in den Tunnel deuten auf ein teilweise ausgeprägtes Channeling sowohl zur Geländeoberfläche als auch bis zum salinen Tiefenwasser hin.

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

Die Laufzeit des Vorhabens war am 30.06.2000 beendet.

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

keine

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

P. Wikberg; W. Bechthold; L. Liedtke; H. Kull; J. Jarsjö; C. Thorenz; G. Destouni; H. Jakobs; K.-P. Kröhn; M. Fiene; I. Engelhardt: Final discussion of the research project "Two phase flow" - A summary of the results and possible future use in other projects; 28.06.2000, Äspö, Schweden (in Vorbereitung)

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9047</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Wirksamkeit der Abdichtung von Versatzmaterialien -Geochemische Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Salzversatz mit Zuschlagstoffen-			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.05.1997 bis 30.04.2000		<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.04.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.895.516,00 DM		<b>Projektleiter:</b> Herr Sander	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Durch die mineralogisch-geochemische Untersuchung von Versatzmaterialien und Zuschlagstoffen sollen Reaktionen identifiziert und qualifiziert werden, die zur inhärenten Bildung weitgehend dichter Verschlüsse im Falle eines Salzlösungszutritts im Endlager in Salzformationen führen können. Solche Reaktionen haben eine Wasserbindung in hydratisierten Mineralen, Mineralneubildungen, Volumenvergrößerungen und somit Porositätsverringern zur Folge. Diese können letztlich einen Verschluss von Wegsamkeiten im permeablen Versatz bewirken. Im Rahmen des Vorhabens sollen die Zuschlagstoffe ausgesucht werden, die beim Lösungszutritt derartige Reaktionen auslösen und gleichzeitig zu langzeitstabilen Mineralassoziationen im Salzversatz führen. Durch gleichartige Untersuchungen von Abfall- und Reststoffen soll weiterhin festgestellt werden, ob in diesen Stoffen Verbindungen auftreten, die solche Selbstverschlussmechanismen auslösen. Durch die geeignete Kombination von Rest- bzw. Abfallstoffen könnte damit ein Streckenverschluss, der sich bei Lösungszutritt selbsttätig bildet, das weitere Vordringen von Lösungen in UTV's und UTD's verringern oder unterbinden.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Durchführung des FuE-Vorhabens ist in folgenden Arbeitspaketen konzipiert:

### AP1: Theoretische Arbeiten

- Literatursammlung
- Bewertungsmatrix
- Modellrechnungen
- Bewertung

### AP2: Laborversuche

- Kurzzeitversuche
- Durchlaufsäulenversuche
- Hochdrucksäulenversuche
- Langzeitversuche



### **3. Durchgeführte Arbeiten**

Die Langzeitversuche in Hochdrucksäulen wurden mit Säulen verschiedener Durchmesser fortgeführt. Dabei wurde weiterhin der Kristallisationsdruck, der auf die Rohrwandung wirkt, gemessen. Für die Messung des axialen Kristallisationsdrucks wurden spezielle Messzellen gebaut und eingesetzt. Durch die Hintereinanderschaltung zweier Messzellen wurde der Reaktionsbereich in zwei getrennte Prüfabschnitte unterteilt. Aus den Messzellen wurden nach Abschluss des Versuchs das verfestigte Versatzmaterial als bohrkernähnliche Prüfkörper gewonnen, an denen einaxiale Bruchfestigkeiten bestimmt werden konnten.

### **4. Ergebnisse**

Die einaxialen Druckversuche an zwei unterschiedlich weit reagierten, verfestigten Versatzprüfkörpern ergab Bruchfestigkeiten von 12 und 15 kN. Dies entspricht der Festigkeit von grobkristallinem natürlichem Steinsalz. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse erfolgt im Abschlussbericht.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Das Projekt ist abgeschlossen.

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

keine

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

W. Sander & H.-J. Herbert (2000): A new hydraulic barrier – Performance of a selfhealing salt backfill material, Tagungsband: Distec 2000; (Berlin), im Druck

<b>Zuwendungsempfänger:</b> K-UTEC , Am Petersenschacht 7, 99706 Sondershausen		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9057</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Wirksamkeit der Abdichtung von Versatzmaterialien -Technikums- und In-situ-Versuche am Dreistoffsystem polymineralisches Salzgestein-Versatzstoff-Fluid-		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.1998 bis 31.07.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.650.520,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Scherzberg	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Gegenstand des Vorhabens sind grundlegende Untersuchungen zur abdichtenden Wirkung von Versatzmaterial. Dabei soll untersucht werden, unter welchen Bedingungen eingebrachtes Versatzgut eine zusätzliche Barriere gegen eindringende Fluide bildet. Es werden Technikums und In-situ-Versuche am System polymineralisches Salzgestein - Versatzstoff - Fluid durchgeführt. Das Vorhaben ist arbeitsteilig mit einem tangierenden Vorhaben der GRS Braunschweig angelegt.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

#### Arbeitspaket 1:

Technikumsuntersuchungen an Prüfkörpern zur Bestimmung von Intensität und Richtungsabhängigkeit des Lösungsangriffs von Fluiden auf Systeme verschiedener Salzgesteine

#### Arbeitspaket 2:

Technikumsuntersuchungen an stofflichen Modellen zur Bestimmung von Intensität und Richtungsabhängigkeit des Lösungsangriffs von Fluiden auf Systeme verschiedener Salzgesteine und Versatzstoffe

#### Arbeitspaket 3:

Untersuchungen des Verhaltens von Versatzstoffen in Kontakt mit Salzgesteinen mit und ohne Fluideinwirkung unter In-situ-Bedingungen in einem Versatzbergwerk

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- Weitere Durchführung von Löseversuchen entsprechend AP 2.1 und deren Auswertung. Dabei wurde Schwerpunkt auf die gleichzeitige Auflösung von Salz und Versatz gelegt
- Beendigung der Standversuche AP 2.2 und AP 2.3
- Weitere Fortsetzung der Untersuchungen der Standversuche AP 2.4.
- Beendigung der zusätzlichen 6 Standversuche, welche speziell auf den Nachweis der Abdichtwirkung von Versatz ausgelegt waren. Dabei wurde der Einfluss des Fluidangriffes auf vollständig vom Versatz eingeschlossene Salzkörper untersucht.
- Untersuchungen für das AP 3. In diesem Zusammenhang wurden Drucksäulen von 1 m Länge mit zunächst zwei verschiedenen Versatzmischungen beaufschlagt um die Abdichtwirkung von Versatz unter Druck zu simulieren.

- Durchführung von Versickerungsversuchen zur  $k_F$ -Wert Bestimmung in altem und frischem Pumpversatz
- Durchführung von Stabilitätsversuchen mit 4 verschiedenen Versatzstoffen unter Fluidangriff in der Grube Bischofferode
- Durchführung von 4 Versuchen zur Ermittlung der Abdichtwirkung von Versatz im  $m^3$  Maßstab mit und ohne Salzgrus in der Grube Bleicherode
- Dokumentation des Nachweises des Langzeitverhaltens von Altversatz in der Grube Bleicherode
- Spannungs/Deformationsmessungen in Begleitung laufender Versatzmaßnahmen
- Beginn der Versuche in Zusammenarbeit mit der GRS – Braunschweig. In diesen Versuchen werden Hartsalzpresslinge in Standversuchen in Kontakt mit einer Lauge mit vorgegebener Konzentration gebracht. Es wird ein zu erwartender Selbstversatz durch Volumenzunahme der festen Phase untersucht.

#### 4. Ergebnisse

AP 1: Ist abgeschlossen und wissenschaftlich ausgewertet.

AP 2.1: Die bereits ausgewerteten Versuche zeigen, dass beim gleichzeitigen Fluidangriff an einen Salz- und einen Versatzkörper eindeutig das Salz das schwächste Glied ist. Das heisst, dass die Auflösung des Versatzes neben einem Salzkörper fast nicht zu beobachten ist. Allerdings zeigen sich z.B. am Pumpversatz leichte Umkristallisierungen, welche sich jedoch auf Grund der Kürze der Versuche im Solsimulator kaum bzw. gar nicht auf die Lösegeschwindigkeit des Salzes auswirken.

Die Untersuchungen werden fortgesetzt.

AP 2.2, 2.3: Die Versuche wurden regelmäßig visuell und analytisch ausgewertet. Die Analysen zeigen, dass der Lösefortschritt nahezu zum Ende gekommen ist. Deshalb wurden die Versuche beendet. Es wurden umfangreiche Untersuchungen der Probekörper selbst sowie der Umkristallisationen durchgeführt. Es zeigte sich, dass sich die in ein inertes Medium eingegossenen Probekörper untereinander nicht beeinflussen. Jedoch kommt es über die Fluidphase zu einem Stoffaustausch und damit verbundenen Umkristallisationen. Außerdem wurde festgestellt, dass eine erzwungene im Vergleich zu einer freien Konvektion der Fluidphase kaum unterschiedliche Lösungsgeschwindigkeiten hervorbringt.

AP 2.4: Es wurden weitere Ergebnisse der Langzeituntersuchungen gewonnen. Der Lösefortschritt ist deutlich verlangsamt aber noch nicht zum Ende gekommen, so dass die Versuche auch weiterhin fortgesetzt werden. Die Einwirkung der Fluide wird weiterhin mittels Analysen und fotografisch festgehalten. Nähere Untersuchungen der Beschaffenheit der sich neu bildenden Salze können erst nach Beendigung der Versuche gemacht werden.

AP 3: Es konnte bei den durchgeführten Versickerungsversuchen und bei den Versuchen zur Abdichtwirkung des Versatzes im  $m^3$  Maßstab mit und ohne Salzgrus festgestellt werden, dass eine sehr gute Abdichtwirkung verbunden mit niedrigen  $k_F$ -Werten zwischen  $10^{-6}$  und  $10^{-7}$  m/s erreicht wurde.

Diese Ergebnisse konnten auch bei den ersten Säulenversuchen bestätigt werden. Hierbei wurden  $k_F$ -Werte von  $10^{-9}$  m/s bei Drücken bis 30 bar gemessen.

Die Spannungs/Deformationsmessungen an Altversatz zeigen eine beträchtliche Abnahme der Spannungszunahme im Gebirge, so dass eindeutig die Stabilisierungswirkung von Versatz nachgewiesen werden kann.

#### 5. Geplante Weiterarbeiten

Weiterarbeiten wie im Arbeitsplan angegeben.

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

keine

#### 7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> TU-Clausthal , Adolph-Roemer-Straße 2 A, 38678 Clausthal-Zellerfeld		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9067</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> U-Th-Isotopenverteilung als natürliches Analogon zur Mobilität von Actiniden in granitischen Gesteinen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1997 bis 30.04.2000	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.04.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 249.000,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Mengel	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist die Vorhersage der Actiniden-Ausbreitung in Granitkörpern am Beispiel des U und seiner jungen Zerfallsprodukte ( $^{234}\text{U}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ) als Analogon zu den Actiniden. Dabei wird besonders die räumliche und zeitliche Darstellung der Mobilität von U und Th innerhalb der geologischen Barriere Granit betrachtet, indem die Isotopie dieser Elemente in sekundären Mineralen untersucht wird. Das Hauptziel lässt sich in folgende Teilziele gliedern:

- Charakterisierung der Sekundär-Mineralen aus dem Felslabor Grimsel und dem HRL-Tunnel Äspö hinsichtlich ihrer U- und Th-Gehalte.
- Überprüfung des U-Th-Isotopensystems in diesen Mineralen hinsichtlich säkularer Gleichgewichte.
- Einordnung der U-Mobilität in die Fluid-Migrationssysteme der beiden Granitkörper.
- Interpretation des natürlichen Analogons U-Th-Isotopie in Graniten zur Voraussage der zeitlichen Ausbreitung von Actiniden in der geologischen Barriere.

Das Vorhaben ist eingebunden in die durch den Vertrag zwischen BMWi und SKB geregelte Zusammenarbeit im schwedischen Hartgesteinslabor Äspö.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP 1: Probenahme und Charakterisierung sekundärer Karbonate

AP 2: Messung und Interpretation der U-Th-Isotope

AP 3: Bezug zu den hydraulischen Systemen

AP 4: Beurteilung der untersuchten Granite

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Anhand der Ergebnisse der U-Th-Isotopenmessungen mittels TIMS wurden sowohl für die Calcite aus dem HRL Äspö als auch für die Kluftminerale aus dem FL Grimsel Modelle aufgestellt, in denen Möglichkeiten der U-Mobilisierung aufgezeigt werden. Die Modelle basieren auf den Zerfallsgleichungen der kurzlebigen  $^{238}\text{U}$ -Zerfallsprodukte und lassen eine Bestimmung des Probenalters, des Ausmaßes der Störung der Isotopenverhältnisse und der Mobilität von  $^{234}\text{U}$  zu.

### 4. Ergebnisse

Die U-Th-Isotopenmessungen an den sekundären Mineralen aus dem HRL Äspö und dem FL Grimsel zeigen ein unterschiedliches Verhalten. Ausgehend von einem bereits vorhandenen säkularen Gleichgewicht der Minerale wurden die Isotopenverhältnisse der Calcite aus dem HRL Äspö durch migrierende Lösungen gestört. Die Störung äußert sich sowohl in einer  $\alpha$ -recoil-bedingten selektiven Zufuhr als auch in einem Verlust von  $^{234}\text{U}$ . Dabei weisen die Proben Störungsalter zwischen 20 000 und 400 000 Jahren und Störungsgrade von 0,5 bis 6,7 auf (Störungsgrad 0,5 = 50 %  $^{234}\text{U}$ -Verlust; 2 = zweifache  $^{234}\text{U}$ -Zufuhr) auf.

Die Entwicklung der Isotopenverhältnisse der Kluftminerale aus dem FL Grimsel ist von grundsätzlich anderen Wasser-Gesteinsreaktionen geprägt und am besten mit einer Mischungsreihe von älteren und neu gebildeten Mineralen zu erklären. Dabei bestehen die Endglieder aus neugebildeten Calciten (Bildungsalter rezent bis 80 000 Jahre) und den älteren Silikaten mit nahezu säkularem Gleichgewicht. Alle Proben lassen sich mit einer Mischung aus den beiden Gruppen erklären, sie sind somit nicht direkt datierbar. Es wurden jedoch  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -Initialwerte der entsprechenden Lösungen ermittelt, die sich mit Werten von 1,1 bis 2,1 deutlich als Granit-interne Wässer interpretieren lassen.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Die Ergebnisse der beiden Untersuchungsgebiete werden gegenwärtig in einem Endbericht zusammengefasst.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Gerdas, A.; Weisshaar, R.; Mengel, K.; Mangini, A. (1999): U/Th-Ungleichgewichte in sekundären Kluftmineralen aus Graniten des HRL Äspö und FL Grimsel. - Berichte der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft, Beih. z. Eur. J. Mineral. Vol. 11, No.1, Seite 81.

(Poster zur DMG-Tagung in Wien, August/September 1999)

Gerdas, A. (2000): Altersbestimmung und säkulare Ungleichgewichte sekundärer Kluftminerale in Graniten - eine U/Th-Isotopenstudie. Dissertation, TU Clausthal

<b>Zuwendungsempfänger:</b> BGR, Stilleweg 2, 30655 Hannover		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9098</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entwicklung und Erprobung von zerstörungsfreien seismischen In-situ-Methoden zur Beurteilung der geomechanischen und hydraulischen Gebirgseigenschaften in der Umgebung untertägiger Hohlräume in Endlagerformationen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.07.1998 bis 30.06.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 734.007,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Lüdeling	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Zerstörungsfreie Erforschung von Auflockerungszonen (Excavated Disturbed Zones, EDZ) mit Hilfe seismischer Methoden.

Weiterentwicklung von hochauflösenden reflexions- und refraktionsseismischen Verfahren zur petrophysikalischen Charakterisierung der EDZ.

Mitarbeit im internationalen Mont-Terri-Projekt (Schweiz) und Zusammenarbeit mit der Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) im Untertagelabor Äspö (Schweden), der SCK-CEN (Studiecentrum voor Kernenergie - Centre D'Etude de L'Energie Nucleaire) im Untertagelabor Mol (Belgien) sowie Mitarbeit im Projekt „Stofftransport in geklüftetem Fels / Gebirgscharakterisierung im Stollennahbereich“ im Felslabor Grimsel.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

### AP A „Salz“:

Durchführung seismischer Messungen im Salzbergwerk Asse und an den Standorten Gorleben und Morsleben. Insbesondere Bestimmung der Dämpfungseigenschaften. Wiederholungsmessungen zur Kontrolle des Langzeitverhaltens der EDZ. Untersuchungen zur Korrelation zwischen seismischen Parametern und der Permeabilität.

### AP B „Kristallin“:

Durchführung seismischer Messungen (Bohrlochseismik, Reflexions-, Refraktionsseismik) im Untertagelabor Äspö in Zusammenarbeit mit dem Vorhaben „Zweiphasenfluss-Experimente im geklüfteten, wasserführenden Kristallin“ sowie im Felslabor Grimsel. Untersuchungen zur Korrelation zwischen seismischen Parametern und der Permeabilität.

### AP C „Sedimentgestein“:

Durchführung seismischer Messungen (Bohrlochseismik) im Untertagelabor Mont Terri im internationalen Projekt sowie im Untertagelabor Mol. Untersuchungen zur Korrelation zwischen seismischen Parametern und der Permeabilität. Wiederholungsmessungen zur Kontrolle des Langzeitverhaltens der EDZ (u.a. Ermittlung von Korrelationen mit dem Spannungsfeld).

### AP D „Synthese“:

Zusammenfassende Beschreibungen und vergleichende Bewertungen.

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

Seismische Bohrlochmessungen (Intervallgeschwindigkeiten) im Untertagelabor Mol, Belgien (plastische Tonformation) sowie im Forschungsbergwerk Asse. Die Arbeiten im FB Asse erfolgten in enger Abstimmung mit den Arbeiten der GRS zur Permeabilitätsbestimmung in einem ca. 90 Jahre alten, ausgebauten Streckenbereich. Einsatz verschiedener seismischer Quellen und Empfänger am Stoß als Vorbereitung für die zerstörungsfreien Vielkanal-Messungen. Intervallgeschwindigkeits-Messungen an einem aus dem FB Asse stammenden großen Salzquader im Labor. Einsatz einer vielkanaligen Apparatur als Basis für hochauflösende seismische Refraktions- und Reflexionsmessungen im Labor (Salzquader).

Datenauswertung und Präsentation von Ergebnissen des Zeitraums Juli - Dezember 1999. Tests mit verschiedenen seismischen Empfängern. Modifikationen an der Impulsquelle (Prallhammer), Durchführung von Tests. Vorbereitung der vielkanaligen Apparatur inkl. Verstärker und Zubehör für den Untertageeinsatz im Salz. Anpassung seismischer Auswertesoftware.

### **4. Ergebnisse**

Die Ergebnisse von Intervallgeschwindigkeitsmessungen aus dem Forschungslabor Äspö, bei denen die Detektion von Klüften im Vordergrund stand, zeigen gute Übereinstimmung mit den durch ein borehole scanning tool detektierten Klüften. Auflockerungszonen konnten durch Intervallgeschwindigkeitsmessungen im Bohrloch (Mont Terri, Mol und Grimsel) durch Geschwindigkeits- und Amplitudenanomalien charakterisiert werden. Mit Hilfe eindimensionaler Auswertungen der refraktionsseismischen Testmessungen im Felslabor Grimsel konnte in einem vorläufigen Bearbeitungsschritt die Auflockerungszone detektiert werden. Auswertungen der cross-hole-Messungen (Mont Terri) zeigen, ebenso wie Labormessungen an Bohrkernen, seismische Anisotropie. Ergebnisse von Wiederholungsmessungen zur Intervallgeschwindigkeitsbestimmung im Bohrloch weisen z.T. markante Unterschiede auf.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Durchführung refraktions-/reflexionsseismischer Messungen mit einer vielkanaligen Apparatur an den unter Punkt 2. genannten Standorten. Apparative Anpassungen zur Erhöhung des Auflösungsvermögens, des Messfortschritts und der registrierten Datenmenge. Anpassung von Programmpaketen zur hochauflösenden Auswertung von refraktions- und reflexionsseismischen Daten. Programmierung von Teilroutinen zur Extraktion seismischer Signalattribute aus seismischen Registrierungen, womit ein verstärktes Einbeziehen dieser Parameter in die Auswertung angestrebt wird. Suche nach Korrelationen zwischen seismischen Signalattributen (Amplituden, momentane Frequenzen, ...) und hydraulisch relevanten Parametern (Klüfte, Permeabilitäten).

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

keine

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

Schuster, K., H.-J. Alheid, P. Eichhorn & W. Stille (2000): In-situ seismics at Underground Research Facility Mol/Belgium - Feasibility test, Report, 06.04.2000, Archiv-No.: 0119959, Tagebuch-No.: 10578/00.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> FZ-Jülich, 52425 Jülich		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9108</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Untersuchungen zur Radionuklidfreisetzung und zum Korrosionsverhalten von bestrahltem Kernbrennstoff aus Forschungsreaktoren unter Endlagerbedingungen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.06.1999 bis 31.05.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 2.424.962,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Fachinger	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Für die in der Bundesrepublik Deutschland betriebenen Forschungsreaktoren wird die direkte Endlagerung abgebrannter Brennelemente als nationale Entsorgungsalternative zur Wiederaufarbeitung diskutiert. Die in Deutschland derzeit favorisierten Endlagerformationen sind geologisch stabile Salinare, aber auch die Lagerung in granitischen Formationen ist denkbar. Bei beiden Endlagervarianten ist das Langzeitverhalten der Brennelemente in den wässrigen Phasen der jeweiligen Gesteinsformation für die Sicherheitsanalyse von Bedeutung. Im Rahmen dieses Vorhabens soll das Verhalten von Forschungsreaktorbrennelementen in endlagertypischen Lösungen untersucht werden. Ziel des Vorhabens ist die Ermittlung von Daten, die einen Beitrag zur Formulierung eines Quellterms für Freisetzungsberechnungen liefern.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Beurteilung des Korrosionsverhaltens unterschiedlicher Forschungsreaktorbrennelemente.
2. Korrosionsverhalten von Forschungsreaktorbrennelementestrukturmaterialien in endlagerrelevanten aquatischen Phasen.
3. Auslaugung bestrahlter Forschungsreaktorbrennelemente mit korrosiven aquatischen Phasen.
4. Auslaugexperimente zur Remobilisierung von Radionukliden aus Korrosionsrückständen der MTR-BE.
5. Charakterisierung von Korrosionsprodukten aus Forschungsreaktorbrennelementestrukturmaterialien.
6. Sorption von Radionukliden an Korrosionsprodukten.
7. Erstellen eines Abschlussberichts.

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- Zu 2: Die Wiederholungsversuche zum Korrosionsverhalten von MTR-Strukturmaterialien wurden begonnen. Bei den ersten drei Korrosionsexperimenten, die in Gegenwart von Eisen durchgeführt wurden, sind die Aluminiumproben fast vollständig aufgelöst.
- Zu 3: Der erste Auslaugversuch in Lauge 2 in Gegenwart von GGG40 wurde beendet. Vier weitere Auslaugversuche wurden begonnen. Folgenden aquatische Phasen wurden eingesetzt: Lauge 2; Lauge 2 + FeCl<sub>2</sub>; Lauge 2 + GGG40; Granitwasser



- Zu 4: Die Remobilisierungsversuche mit Korrosionsprodukten aus den aeroben Auslaugversuchen wurden beendet.
- Zu 5: Neben Korrosionsversuchen mit MTR-Sturkturmmaterial wurden Fällungsversuche mit aluminiumchloridhaltiger Lauge 2 durchgeführt, um schneller und in größerer Menge die amorphen Phasen herzustellen. Desweiteren wurden Röntgenbeugungsuntersuchungen an den Korrosionsprodukten durchgeführt.
- Zu 6: Es wurden Sorptionsversuche unter anaeroben Bedingungen mit verschiedenen Feststoffmatrices und Solventien durchgeführt.

#### **4. Ergebnisse**

- Zu 3: Die Korrosion der Brennelemente unter anaeroben Bedingungen ist gegenüber der aeroben Korrosion um ca. 200 Tage verzögert. Dies ist auf die verlangsamte Korrosion des GGG 40 zurückzuführen. Ansonsten wird für die meisten Radionuklide ein vergleichbares Mobilisierungsverhalten beobachtet.
- Zu 4: In Salzlösungen mit hoher Ionenstärke werden sorbierte Aktiniden nicht remobilisiert.
- Zu 5: Die neuen Röntgenbeugungsuntersuchungen zeigten neben den amorphen Phasen auch Reflexe die Hydrotalkit zugeordnet werden könnten.
- Zu 6: Erste Untersuchungen mit Magnetit deuten auf ein mit Haematit vergleichbares Sorptionsverhalten hin.

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

- Zu 2: Fortführung der Korrosionsversuche. Isolierung und Charakterisierung der Korrosionsprodukte bei den drei abgeschlossenen Versuchen.
- Zu 3: Isolierung der festen Korrosionsprodukte aus dem abgeschlossenen Auslaugexperiment zur vollständigen Nuklidbilanzierung und für weitere Remobilisierungsexperimente.
- Zu 4: Neue Remobilisierungsexperimente mit Korrosionsprodukten aus dem anaeroben Auslaugversuch.
- Zu 5: Weitere spektrometrische und röntgenographische Untersuchungen an den Korrosionsprodukten.
- Zu 6: Detailliertere thermodynamische Sorptionsuntersuchungen mit Haematit und Magnetit.

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

keine

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

- H. Curtius, J. Fachinger: Adsorption of radionuclides on aluminium oxide in a repository relevant brine, Proc. ICAM 2000, Göttingen, 17.-19. Juli 2000, Band 2, S. 503
- J. Fachinger, H. Curtius: Long term behaviour of direct disposed MTR fuel elements in saline brines; Applied Mineralogie, Proc. ICAM 2000, Göttingen , 17.-19. Juli 2000, Band 2, S. 531

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9118</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Untersuchungen zur hydraulisch wirksamen Auflockerungszone um Endlagerbereiche im Salinar in Abhängigkeit vom Hohlraumabstand und Spannungszustand			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.07.1998 bis 30.06.2001		<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 2.079.684,00 DM		<b>Projektleiter:</b> DP Wiczorek	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Wirksamkeit von Bohrloch- und Streckenverschlüssen in Endlagern bzw. Untertagedeponien in Salzformationen wird durch die Auflockerungszone im umgebenden Gestein beeinflusst, die durch Verformungen und damit verbundene Spannungsumlagerungen während und nach der Hohlraumerstellung entsteht und infolge der Spannungsaufnahme beim Auflaufen des Gebirges auf einen Verschluss wieder abgebaut wird. Die hydraulischen Eigenschaften der Auflockerungszone und ihre Entwicklung während der Rückbildungsphase sind Gegenstand der geplanten Untersuchungen. Da die Rückbildungsphase für direkte Beobachtungen eine zu lange Zeit in Anspruch nimmt, soll der Zusammenhang zwischen Durchlässigkeit und Spannungszustand abgeleitet werden. Dazu werden an verschiedenen Versuchsorten In-situ-Messungen der Permeabilität und der Gebirgsspannung mit ergänzenden Laboruntersuchungen und Modellrechnungen durchgeführt. Untersucht wird insbesondere auch die Permeabilität und ihre Richtungsabhängigkeit im unmittelbaren Streckensaum.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AS1: Geoelektrische Kartierung der Versuchsorte
- AS2: Labormessungen
- AS3: Gebirgsspannungsmessungen
- AS4: Permeabilitätsmessungen mit Gas
- AS5: Bestimmung der Permeabilität im unmittelbaren Nahbereich von Hohlräumen
- AS6: Modellierung des mechanischen Zustandes
- AS7: Vergleich Hydraulik - Mechanik und abschließende Auswertung
- AS8: Projektmanagement und Dokumentation

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- AS2: An einem Teil der Kernproben aus dem Bereich des Dammjochs auf der 700-m-Sohle wurden Messungen zur spannungsabhängigen Permeabilität durchgeführt. Die Messungen sind noch nicht abgeschlossen.
- AS4: Es wurden etwa drei Viertel der Permeabilitätsmessungen in der Dammjochstrecke durchgeführt; die Messungen dauern an.

- AS5: Die Planungen für die Permeabilitätsmessungen im unmittelbaren Streckennahbereich sind abgeschlossen. Z. Z. erfolgt die Installation in der AHE-Strecke auf der 800-m-Sohle.
- AS6: Anhand vereinfachter zweidimensionaler Finite-Element-Modelle der Dammjochstrecke im Bereich mit bzw. ohne Tübbingausbau wurden die Ergebnisse der Permeabilitätsmessungen mit dem jeweiligen mechanischen Zustand verglichen.

#### 4. Ergebnisse

- AS4: Während im Bereich der offenen Strecke hinter dem Dammjoch eine ausgeprägte Auflockerungszone von 1.5 m Ausdehnung und Permeabilität bis über  $10^{-16} \text{ m}^2$  nachweisbar ist, ist im Bereich des Tübbingausbaus keine signifikante Permeabilitätssteigerung feststellbar. Dies wird als spannungsinduzierte Verheilung gedeutet.
- AS6: Die Ergebnisse der mechanischen Modellierung zeigen, dass der Bereich deutlicher Ernie drigung der kleinsten Hauptspannung, der wie bei anderen offenen Strecken auch im offenen Bereich der Dammjochstrecke mehr als 1 m unter der Sohle ausgedehnt ist, im ausgebauten Streckenbereich nicht vorhanden ist. Entsprechend sind auch die Dilatanzkriterien im ausgebauten Streckenbereich nicht erfüllt, so dass eine Verheilung der Auflockerungszone erwartet werden kann. Dies wird durch die Ergebnisse der Permeabilitätsmessungen (s. o.) bestätigt.

#### 5. Geplante Weiterarbeiten

Im kommenden Halbjahr werden die Permeabilitätsmessungen am Dammjoch abgeschlossen und die Überbohrversuche durchgeführt und ausgewertet. Außerdem werden die Laborversuche an den Dammjochkernen abgeschlossen. Mit dem System zur Permeabilitätsmessung im unmittelbaren Streckennahbereich werden Gasinjektionstests durchgeführt. Flüssigkeitsinjektionstests sowie die Messungen am dritten Versuchsort (große Kammer) werden weitgehend erst im nächsten Jahr erfolgen.

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

keine

#### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Wieczorek, K.; U. Zimmer (GRS): Untersuchungen zur hydraulisch wirksamen Auflockerungszone um Endlagerbereiche im Salinar in Abhängigkeit vom Hohlräumabstand und Spannungszustand (02 E 9118), „Untertägige Entsorgung“ – Viertes Statusgespräch zu FuE-Vorhaben auf dem Gebiet der Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen, Clausthal Zellerfeld, 14. und 15. September 1999, Forschungszentrum Karlsruhe, Wissenschaftliche Berichte FZKA-PTE Nr. 6, 1999, S. 79–90

Wieczorek, K.; U. Zimmer (GRS): Hydraulic Behaviour of the Excavation Disturbed Zone Around Openings in Rock Salt, ICEM' 99 - 7<sup>th</sup> International Conference on Radioactive Waste Management and Environmental Remediation, Nagoya, Japan, September 26-30, 1999, JSME/ASME International, 1999

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9128</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Tertiäre Sedimente als Barriere für die U/Th-Migration im Fernfeld von Endlagern			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.07.1998 bis 30.06.2001		<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 2.424.695,00 DM		<b>Projektleiter:</b> Dr. Noseck	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Uran- und Thorium-Lagerstätten, speziell in der Umgebung sedimentärer Gesteine, können unter bestimmten Randbedingungen als natürliche Analoga für die Radionuklidrückhaltung im Fernfeld von Endlagern für radioaktive Abfälle herangezogen werden. Mit der Untersuchung solcher Vorkommen können Aussagen zum Langzeitverhalten der Radionuklidmigration in geologischen Formationen überprüft und ggf. ergänzt werden. Damit werden die sicherheitsanalytischen Modellrechnungen zu Freisetzung und Transport von Radionukliden im Deckgebirge eines Endlagers für radioaktive Abfälle unterstützt. Basierend auf Voruntersuchungen sollen am Standort Ruprechtov (CZ) und ggf. alternativen Standorten detaillierte hydraulische und geochemische Untersuchungen sowie begleitende Modellrechnungen durchgeführt werden, um die stattgefundenen geochemischen und Transportprozesse zu identifizieren und zu verstehen. Es soll überprüft werden, welche Ergebnisse auf deutsche Endlagerstandorte übertragbar sind und in Langzeitsicherheitsanalysen berücksichtigt werden können.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1 Experimentelle Arbeiten werden schwerpunktmäßig am Standort Ruprechtov (CZ) und in geringerem Umfang am Standort Heselbach (D) durchgeführt. Diese Arbeiten umfassen das Abteufen erforderlicher Bohrungen, die Ermittlung hydraulischer und geochemischer Parameter, eine detaillierte Sedimentanalytik, sowie Analytik von Grund- und Porenwässern. Darüber hinaus werden auch die Verteilungen wichtiger Isotope aus den natürlichen Zerfallsreihen untersucht.
- AP 2 Begleitend zu den experimentellen Arbeiten werden theoretische Arbeiten durchgeführt. Dazu gehört die Auswertung und Interpretation radio- und geochemischer Messungen, die Modellierung von geochemischen Effekten und von Transportprozessen mit geeigneten Codes. Letztendlich soll überprüft werden, ob die erzielten Ergebnisse auf deutsche Endlagerverhältnisse übertragbar sind.

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- Auswertung und Diskussion der Ergebnisse des wissenschaftlichen Untersuchungsprogrammes an Bohrkern- und Wasserproben:
  - Mineralogie (Röntgendiffraktometrie, Mikrosonde)
  - Uran-Verteilung (sequentielle Extraktion, Autoradiografie)
  - Hydraulische Parameter

- Porenwasserextraktion
- Chemismus von Sediment, Grund- und Porenwasser
- Isotopenverhältnisse in Sedimenten
- Alter der Grundwässer über Tritium-Messungen
- Einfluss von Bakterien/Kolloiden
- Durchführung begleitender geochemischer Modellrechnungen
- Formulierung eines Szenarios zur Uranmigration am Standort Ruprechtov Modellrechnungen zur Uranspeziation im Grundwasser des Aquifers in 35 m Tiefe
- Chemische Analyse der Bohrkerne und Grundwasserproben aus Heselbach
- Anfertigung des Papers „Uranium migration in tertiary sediments – natural analogue study for repository systems at Ruprechtov site“ für die DISTEC 2000

#### 4. Ergebnisse

Ruprechtov:

- Identifikation eines ca. 2m mächtigen Aquifers in 35 m Tiefe mit Transmissivitäten in der Größenordnung von  $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- Nachweis von Uraninit in Proben mit erhöhter Urankonzentration in kohleführenden Horizonten dagegen nicht in den unterlagernden Schichten (Kaolinit) mittels XRD
- Identifikation eines Gradienten der Urankonzentration in süd-nördlicher Richtung (angenommene GW-Fließrichtung)

Heselbach:

- Identifikation eines Gradienten der Urankonzentration in Kohleschichten, Tonlagen und Grundwässern des Braunkohletertiärs in GW-Fließrichtung

#### 5. Geplante Weiterarbeiten

- Vorbereitung eines Beprobungsprogrammes des ausbeissenden Granits südlich des bisherigen Untersuchungsgebiets in Ruprechtov
- Durchführung eines Workshops zur Diskussion aller bisherigen Ergebnisse und Festlegung der im nächsten Jahr noch durchzuführenden Arbeiten
- Ergänzende Laboruntersuchungen an den Bohrkernen aus Ruprechtov und Heselbach
- Bestimmung des Alters der Grundwässer über C-14-Messungen
- Laboruntersuchungen zur Ausfällung und Sorption von Uran an den kohleführenden Horizonten in Ruprechtov
- Schwermetallanreicherungsexperimente an Proben der unterlagernden Schichten (Kaolinit) in Ruprechtov zur Charakterisierung der immobilen Uran-Phase
- Weitere Auswertung der Ergebnisse und Diskussion mit allen beteiligten Institutionen
- Erstellung und Einreichung eines Proposals für den 2<sup>nd</sup> Call des 5. Rahmenprogramms bei der Europäischen Kommission.

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

keine

#### 7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9138</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entwicklung eines Modells zur Beschreibung des geochemischen Milieus in hochsalinaren Lösungen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1998 bis 30.09.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 2.748.697,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Moog	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Durch Literaturrecherchen und eigene Laborexperimente sollen Pitzer-Ionenwechselwirkungskoeffizienten für Eisen- und reduzierte Schwefelspezies ermittelt werden. Dies ermöglicht eine verbesserte Berechnung sowohl der Löslichkeit von schwerlöslichen Sulfiden als auch anderer eisenhaltiger Mineralphasen in endlagerrelevanten, hochsalinaren Lösungen. Die angestrebten Resultate berühren auch die theoretische Behandlung der Korrosion von Stahlbehältern.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Untersuchungsprogramm umfasst drei Arbeitspakete.

### AP 1: Thermodynamische Modellierung

- 1) Literaturrecherche
- 2) Berechnung von Pitzerkoeffizienten (Aufbau entspr. Algorithmen in Excel-Tabellen)
- 3) Berechnung von Löslichkeitskurven und osmotischen Koeffizienten und Vergleich mit den experimentellen Ergebnissen bzw. Literaturdaten
- 4) Anwendung des neuentwickelten Parametersatzes
- 5) Abschlussbericht

### AP 2: Laborarbeiten

- 1) Isopiestic Messungen (Eisen)
- 2) Löslichkeitsuntersuchungen (Eisen)
- 3) Löslichkeitsuntersuchungen (Schwefel)
- 4) Validierung des neu entwickelten Parametersatzes
- 5) Auslaugversuche

### AP 3: Langzeitsicherheit

- 1) Vorarbeiten
- 2) Programmtechnische Entwicklungsarbeiten
- 3) Qualitätssicherungsmaßnahmen

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

Für die beabsichtigte Kopplung von Transport- mit Gleichgewichtsrechnungen wurde ein Konzept erstellt. Der Quellcode des geochemischen Rechenprogramms EQ3 wurde auf seine Verwendbarkeit für eine solche Kopplung hin untersucht. Zur Zeit werden Vergleichsrechnungen mit dem Programmpaket CHEMAPP der Firma GTT durchgeführt. Ziel ist eine Aussage über die ev. Eignung dieses Programmpakets mit den Nahbereichsmodulen der GRS. Es wurden weitere Löslichkeitsversuche Ferrihydrit durchgeführt. Die isopiestic Messungen in Petersburg wurden abgeschlossen. Der Aufbau der isopiestic Apparatur am Institut für Physikalische und Theoretische Chemie wurde fortgeführt. Durch unvorhergesehene Schwierigkeiten bei der Auslegung der Kupferplatten für die Halterung der Tantaltiegel und der Halterung für die Kammern kam es zu Verzögerungen.

### **4. Ergebnisse**

Die Kopplung des Programms EQ3 mit Transportrechnungen wäre mit sehr tiefgreifenden Änderungen des Quellcodes verbunden. CHEMAPP hingegen stellt sich als ein konsistentes Paket von direkt verwendbare Fortran-Routinen dar, die über ein (zu erstellendes) Hauptprogramm aufgerufen und deren Ergebnisse direkt an die Nahbereichsmodule weitergegeben werden könnten. Erste Vergleichsrechnungen haben eine sehr gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen von EQ3/6 ergeben. Löslichkeitsversuche mit Ferrihydrit führten bisher nicht zu verwertbaren Ergebnissen, was möglicherweise auf die geringen Massen eingesetzten Bodenkörpers zurückzuführen ist. In Petersburg wurden insgesamt 85 Datenpunkte in binären und 554 Punkte von 51 Isoaktivitätslinien in ternären System gemessen.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Ob CHEMAPP wirklich zu mit EQ3/6 vergleichbaren Ergebnissen kommt, soll am 19.07.2000 durch Vergleichsrechnungen in der Firma GTT in Herzogenrath herausgefunden werden. Für weitere Löslichkeitsversuche mit Ferrihydrit soll ein größerer Ansatz an Bodenkörper hergestellt werden. Die isopiestic Apparatur soll mit Hilfe von Standards getestet werden. Dazu ist die Entwicklung sehr präziser Analysemethoden notwendig.

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

keine

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

keine

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9148</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entwicklung eines Programms zur dreidimensionalen Modellierung des Schadstofftransportes		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1998 bis 31.03.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 4.724.211,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Fein	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In Langzeitsicherheitsanalysen von Endlagern für gefährliche Abfälle in tiefen geologischen Formationen wird für relevante Szenarien die Belastung der Biosphäre infolge einer potentiellen Ausbreitung von Schadstoffen abgeschätzt. Dabei werden drei von einander unabhängige Teilbereiche betrachtet, das Nahfeld, die Geosphäre und die Biosphäre.

Mit der Bereitstellung eines Transportprogramms soll die Möglichkeit geschaffen werden, den Schadstofftransport in der Geosphäre in porösen oder äquivalent-porösen Medien für große, dreidimensionale, komplexe Gebiete zu modellieren. Dabei wird das Programm in der Lage sein, alle relevanten Rückhalte- bzw. Wechselwirkungseffekte zu berücksichtigen. Diese sind Gleichgewichtssorption, Sorptionskinetik, Diffusion in immobile Porenwässer, Ausfällung, Komplexbildung, kolloidgetragener Transport und Matrixdiffusion. Es ist aber nicht beabsichtigt, in dieser Neuentwicklung den Transport mit einem Speziationscode zu koppeln.

Auf Grund dieser Anforderungen wird es möglich werden, das Verdünnungspotential und auch die auf den Wechselwirkungseffekten basierende Barrierewirkung des Deckgebirges realitätsnah abzuschätzen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Durchführung des Vorhabens ist in folgende Arbeitspakete unterteilt:

AP 1: Leitung des Vorhabens

- Organisatorische und koordinierende Tätigkeiten
- Erstellung des Anwenderhandbuches und der Dokumentation
- Durchführung regelmäßiger Statusgespräche
- Ab- und Übernahme des Programms
- Berichtswesen



- AP 2: Detailplanung und Benutzeroberflächen  
 Entwicklung eines fachlichen Feinkonzeptes  
 Erstellung eines Softwareentwicklungsplanes  
 Definition von Schnittstellen zu anderen Programmen
- AP 3: Testrechnungen

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Die Untersuchung der Lösungen für den Transport von Radionukliden wurde auf nichtlineare Sorption und auf heterogene Medien ausgedehnt. Die Transportparameter können in Form geeigneter Integralausdrücke aus der Transportgleichung abgeleitet werden. Hierdurch wird eine quantitative Überprüfung von numerischen Modellen ermöglicht.

Für ein implizites Knoten-zentriertes Finite Volumen Verfahren wurde ein rigoroser Fehlerschätzer abgeleitet. Es wurde begonnen eine Adaptionstrategie zur lokalen Steuerung der Gitterweiten und Zeitschrittweiten zu entwickeln. Erste numerische Tests wurden durchgeführt.

Die Realisierung der Benutzerschnittstelle DAT (**D**aten**A**nalyse**T**ool) zur Formulierung komplexer Anfragen wurde fortgeführt. Die Arbeiten zur Visualisierung von Daten mit einer Vielzahl von Komponenten wurden fortgeführt. Weitere Verfahren zur Darstellung von Ganglinien, Durchbruchkurven, Geometrien, Isolinien auf mehreren Parallelen Schnitten wurden implementiert.

Ein Vergleich zwischen numerischen und analytischen Berechnungen war erfolgreich. Die Arbeiten zur flexiblen Dateneingabe stehen kurz vor dem Abschluss. Erste Rechnungen mit der 3D-Version wurden sowohl seriell als auch parallel durchgeführt.

Die Erstellung des fachlichen Feinkonzeptes wurde weitergeführt. Das Schnittstellenkonzept wurde erstellt und mit der AG Wittum abgestimmt. Die Erstellung der graphischen Bedienoberfläche mit Java wurde begonnen.

Am 28./29.03.2000 fand in Freiburg das 3. Statusgespräch statt.

### 4. Ergebnisse

keine

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten werden entsprechend der im Antrag angegebenen Vorgehensweise fortgesetzt.

Im zweiten Halbjahr 2000 soll eine Entwicklerversion von der GRS übernommen und getestet werden.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Bauer, P.; S. Attinger; W. Kinzelbach: Transport of a Decay Chain in Homogeneous Porous Media: Analytical Solutions. (eingereicht zur Veröffentlichung)

Ohlberger, M.: A posteriori error estimates for vertex centered finite volume approximations of convection-diffusion-reaction equations. ISSN 1439-961X, Preprint Nr. 12/ 2000-4.05.2000, Mathematische Fakultät, Eckerstraße 1, 79104 Freiburg. (eingereicht zur Veröffentlichung)

Frolkovič, P.; J. Geiser: Numerical Simulations of Radionuclides Transport in Double Porosity Media with Sorption. Proc. Of Algorithm: Conference on Scientific Computing, Podbanske, Slovakia, September 2000.

<b>Auftragnehmer:</b> IfG, Friederikenstr. 60, 04279 Leipzig		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9158</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Spannungsumlagerungen (BARIAN)			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.09.1998 bis 31.08.2001		<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.576.387,00 DM		<b>Projektleiter:</b> Dr. Kamlot	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In einem Gemeinschaftsvorhaben mit der GRS, Bereich Endlagersicherheitsforschung, werden an einem Hauptanhydritaufschluss, der in den nächsten Jahren infolge Abbaueinfluss erhöhten Gebirgsspannungen ausgesetzt wird, der Spannungszustand, die Hohlraumkonvergenz und die Klufftpermeabilität mit dem Ziel ermittelt, das Barriereverhalten in Abhängigkeit vom Spannungszustand zu bewerten.

Mit hydraulisch/mechanisch gekoppelten Modellrechnungen wird der Einfluss der sich ändernden Gebirgsspannung auf die Klufftströmung im Anhydrit untersucht, wobei die In-situ-Messwerte der Modellüberprüfung dienen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1 Ermittlung des Hauptspannungstensors am Anhydritaufschluss mit unterschiedlichen Verfahren und Nachweis der Spannungsänderungen unter Abbaueinwirkung.
- AP 2 Nachweis des Abbaueinflusses mit Konvergenzmessungen.
- AP 3 Bestimmung der Fluiddruckbelastbarkeit von Anhydritklüften und der Risspermeabilität in Abhängigkeit von der Abbaueinwirkung.
- AP 4 Berechnung der Klufftströmung in Abhängigkeit von den Gebirgsspannungen und Modellüberprüfung mittels In-situ-Messungen.
- AP 5 Ableitung standortunabhängiger und übertragbarer Abhängigkeiten und Berichterstattung.

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- Weiterführung und Zwischenauswertung der Konvergenzmessungen.
- Durchführung einer 3. Messkampagne zur Spannungssondierung.
- Permeabilitätsmessungen im Steinsalz im Schichtgrenzbereich zum Hauptanhydrit.
- Anwendung des Programmes BT-2D der BA Freiberg (Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau) zur Berechnung der Permeabilität sowie der Fluiddruckverteilung.
- Präsentation der Arbeitsergebnisse zum 8. Welt-Salz-Symposium in Den Haag und zum Berg- und Hüttenmännischen Tag in Freiberg.

### 4. Ergebnisse

- Ab Ende Februar 2000 scheint sich ein beginnender Einfluss der sich dem Messort nähernden Abbaufont zu zeigen. Die mit einer Entfernung von etwa 150 m am nächsten gelegene Konvergenzmesstelle weist eine Erhöhung der Konvergenzrate auf den 6-fachen Betrag aus.
- Mittels der Hydrofrac-Spannungssondierungen ist noch keine signifikante Änderung der Gebirgsspannungen nachweisbar. Anhand der Schallemissionsmessungen beim Hydrofrac ist jedoch eine deutliche Ausrichtung des Spannungstensors in Richtung der Abbaufont erkennbar.
- Die ersten Permeabilitätsmessungen im Steinsalz in Schichtgrenznähe zum Hauptanhydrit zeigten in einer Stoßteufe von 5 m einen Betrag von  $2 \cdot 10^{-19} \text{ m}^2$  und in einer Stoßteufe von 8 m von  $6 \cdot 10^{-20} \text{ m}^2$ . Diese Durchlässigkeiten liegen an der Obergrenze der erwarteten Größenordnungen. In Abhängigkeit von der Abbaunäherung wird die Änderung der Permeabilität untersucht.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Entsprechend der Vorhabensbeschreibung.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

KAMLOT, P.; MENZEL, W.; SCHREINER, W.: „Evaluation of load-bearing behaviour of mining pillars in salt mines in results from stress monitorings and geomechanical model calculations“, 8<sup>th</sup> World Salt Symposium, the Hague, May 2000

KAMLOT, P.; MENZEL, W.; MANTHEI, G.: „Entwicklung und Einsatz einer neuen Hydrofracsonde mit integrierter Schallemissionsortung zur Spannungs- und Permeabilitätsbestimmung“, Vortrag 51. Berg- und Hüttenmännischer Tag, Freiberg, Juni 2000

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9168</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Gebirgsspannungsumlagerungen (BARIAN)			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.09.1998 bis 31.08.2001		<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.858.178,00 DM		<b>Projektleiter:</b> Dr. Flach	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Anhydrit- und Salztonschichten sind Bestandteile der Normalabfolge des Salinars und unterliegen in der Betriebs- und Nachbetriebsphase eines Endlagers gebirgsmechanischen Beanspruchungen. Während im Steinsalz infolge Konvergenz erhöhte Gebirgsspannungen abgebaut werden, kommt es in den steiferen und festeren Anhydrit- und Salztonschichten zu Belastungserhöhungen durch Spannungsumlagerungen. Es muss hier mit Klüften gerechnet werden und infolgedessen mit Zutritten von Laugen und Wässern. Das geplante Vorhaben soll als Gemeinschaftsprojekt mit dem Institut für Gebirgsmechanik, Leipzig, im Salzbergwerk Bernburg durchgeführt werden. Da in dieser Grube Steinsalz gewonnen wird und Anhydrit in Form von Klippenstrukturen aufgeschlossen ist, bestehen sehr günstige geologische und bergbauliche Bedingungen, in einem überschaubaren Zeitraum den Anhydrit unter dem Einfluss großräumiger Gebirgsspannungsänderungen zu untersuchen. Schwerpunkte sind die quantitative Beschreibung der induzierten Seismizität (Rissbildung und -fortpflanzung), der Einfluss des Spannungsfeldes auf die Risspermeabilität sowie die Modellierung der mechanischen und hydraulischen Vorgänge.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1 Großräumige, langfristige Überwachung der induzierten Seismizität mit Schallemissionsmessungen in Array-Technik in einem geklüfteten Anhydrit-Bereich und quantitative Beschreibung der SE-Ereignisse
- AP 3 Eignungsuntersuchung einer alternativen Messmethode zur Bestimmung des räumlich/zeitlichen Spannungsfeldes der Maximalspannung
- AP 6 Labormessungen und Modellierung des quantitativen Zusammenhangs der spannungsabhängigen Mikrorissbildung mit der Gesteinspermeabilität
- AP 7 Permeabilitäts-Vergleichsmessungen mit Gas in unterschiedlich aufgelockerten Gebirgsbereichen
- AP 9 Auswertung und zusammenfassende Berichterstattung

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

Das im NW des westlichen Abbaufeldes des Salzbergwerkes Bernburg geplante seismische Array, das der Überwachung von abbau- und tektonisch bedingten Spannungsumlagerungen dient, wurde installiert und im April in Betrieb genommen. Es wurden insgesamt 16 Dreikomponenten-Aufnehmer in einem Gebirgsbereich von 100 x 100 x 70 m eingebaut. Zur Fernüberwachung und -steuerung wurde eine Modemleitung aufgebaut(API).

### **4. Ergebnisse**

Das seismische Array liefert seit April Daten, die laufend ausgewertet werden. Diese Betriebszeit ist jedoch noch nicht ausreichend, um Aussagen über Bereiche erhöhter Seismizität machen zu können.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Nächste Schritte:

- Auswertung der Kalibrierungsmessungen und Bestimmung der Orientierung der Aufnehmerkomponenten
- Registrierung, Auswertung und Interpretation der weiteren seismischen Signale

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

keine

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

Flach, D., Mieke, R., Wieczorek, K., Zimmer, U. (2000). Untersuchung der Barrierewirksamkeit des Gesteinsverbandes Steinsalz/Anhydrit/Salzton. Abschlussbericht. GRS - 160, 83 S.

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9178</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Aktualisierung sicherheitsanalytischer Rechenprogramme für Teilsysteme eines Endlagers (ARTE)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.1999 bis 31.12.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.703.026,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Buhmann	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Rechenprogramme (Module) des Programmpakets EMOS werden entsprechend neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse erweitert, um den Anforderungen an bevorstehende Langzeitsicherheitsanalysen gerecht zu werden. Betroffen sind die Module für den Nahbereich von Endlagern in Granit und Salz, für die Biosphäre und für probabilistische Rechnungen. Die Werkzeuge zur Auswertung und Visualisierung von Rechenergebnissen werden erweitert.

Die derzeitige Version des Programmpakets EMOS wurde im Vorhaben 02 E 8835 fertiggestellt. In die Weiterentwicklung fließen Ergebnisse aus Vorhaben der EU und IAEA ein.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Module für den Nahbereich und den Fernbereich von Endlagern im Granit werden um die Effekte "Aufsättigung des Bentonits", "Kolloide in Klüften" und "ortsabhängige Diffusionseigenschaften der Gesteinsmatrix" ergänzt. In den Modulen für den Nahbereich von Endlagern im Salz wird die Überlagerung advektiver und konvektiver Transportmechanismen mit Hilfe mehrdimensionaler Transportrechnungen überprüft. In die Module für die Biosphäre werden als Ergebnis aus einem internationalen Vorhaben Referenz-Biosphären integriert. In die Module für probabilistische Rechnungen werden neue Sampling-Methoden und Sensitivitätsschätzer übernommen.

Die Werkzeuge zur Auswertung und grafischen Darstellung von Rechenergebnissen werden um folgende Teile erweitert: Berechnung und Darstellung der zeitlichen Änderung der Schadstoffverteilung über die Teilbereiche (u.a. Nahbereich, Fernbereich, Biosphäre) eines Endlagers; Visualisierung der netzwerkartigen Grubengebäudestruktur eines Endlagers im Salz und Abbildung von Rechenergebnissen auf diese grafische Darstellung.

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

- AS1: Beginn der Arbeiten am Nahbereichsmodul GRAPOS.
- AS6: Das Modul REPOS6 wurde modifiziert, um die Daten zur Darstellung von Schadstoffverteilungen bereitzustellen. Mit der Umstellung weiterer Module wurde begonnen.
- AS7: Das Werkzeug zur Visualisierung von netzwerkartigen Grubengebäudestrukturen wurde erweitert um die Eingabe und Änderung der segmentspezifischen Daten. Diese Daten wurden bislang in einer anderen Bedienungsoberfläche eingegeben.

### **4. Ergebnisse**

- AS1: Eine Ausgangsversion für die Programmverwaltung wurde erstellt.
- AS6: Der Postprozessor zur grafischen Darstellung von Schadstoffverteilungen ist für die Module REPOS, GRAPOS und CHETMAD einsatzbereit.
- AS7: Der Leistungsumfang des Präprozessors wurde an die aktuelle Version des Moduls LOPOS angepasst. Alle Eingabeoberflächen sind fertiggestellt.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

- AS1: Weiterführung vorbereitender Arbeiten.
- AS5: Anpassung von EMOS-Module an das Statistik-Werkzeug, Test und Dokumentation der Statistik-Werkzeuge.
- AS6: Fertigstellung des Werkzeugs zur grafischen Darstellung von Schadstoffverteilungen.
- AS7: Test und Dokumentation

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

keine

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

keine

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9188</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Untersuchungen zur Gas- und Wasserfreisetzung und der Wasserverteilung im Erhitzerversuch im OPALINUS-Ton des Mont Terri-Tunnels			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1998 bis 30.09.2001		<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.185.781,00 DM		<b>Projektleiter:</b> Dr. Jockwer	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Von ENRESA (ES), ANDRA (F) und dem internationalen Konsortium SNHGS (CH) wird im Opalinus-Ton des Autobahntunnels durch den Mont Terri ein Erhitzerversuch durchgeführt, um das thermische, hydraulische und mechanische Verhalten des natürlichen Tons bei erhöhten Temperaturen zu untersuchen. Da Tone als technische Barrieren in deutschen Endlagern verwendet werden sollen, sind die Kenntnisse von Tonstein unter Gebirgstemperatur und die Auswirkung erhöhter Temperatur von Bedeutung. Daher beteiligt sich die GRS im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit zur Endlagerforschung am Erhitzerversuch im Opalinus-Ton mit den Arbeitspaketen „Ermittlung der Gasfreisetzung aus dem aufgeheizten und dem nicht aufgeheizten Tongestein“ und „Ermittlung des natürlichen Wassergehaltes und der Austrocknungseffekte bzw. der Wasserumverteilung mit geoelektrischen Messverfahren“. Im Nahbereich der Erhitzerbohrung werden hierfür spezielle Bohrlöcher erstellt, die für die Gasprobennahme bzw. die geoelektrische Erfassung der örtlichen und zeitlichen Veränderungen des Wassergehalts instrumentiert werden. Die Messungen der Gas- und Wasserfreisetzung sowie der Wasserumverteilung dienen der Bewertung der Langzeitwirksamkeit der in den deutschen Endlagern vorgesehenen technischen Barrieren aus Tonstein.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Vorhaben (Arbeiten der GRS) untergliedert sich in:

AP 1: In-situ-Untersuchungen zur Wasser- und Gasfreisetzung im Nahfeld des Erhitzers.

AP 2: In-situ-Untersuchungen zur Wasserumverteilung im Nahfeld des Erhitzers.



### **3. Durchgeführte Arbeiten**

Die von der spanischen Firma AITEMIN im Auftrag von ENRESA durchgeführten Installationsarbeiten sind abgeschlossen. Die technischen Schwierigkeiten mit den elektrischen Erhitzern sind nach Auskunft von AITEMIN behoben, jedoch zeigen die installierten Druckaufnehmer unerwartet niedrige Werte an. Die Ursache ist bisher nicht bekannt, sie soll aber vor Einschalten der Erhitzer geklärt werden. Der Zeitpunkt des Beginns der Aufheizung steht daher noch nicht fest. Im nicht aufgeheizten Zustand wurden aus den hierfür vorgesehenen Bohrungen Gasproben zur Analyse entnommen und die geoelektrischen Messungen zur Erfassung der Wasserumverteilung sind im geplanten Umfang durchgeführt worden.

### **4. Ergebnisse**

Im nicht aufgeheiztem Zustand haben sich in den Bohrlöchern, in denen die Gasfreisetzung aus dem Gebirge erfasst wird, die folgenden Gaskonzentrationen eingestellt:

Kohlendioxid bis 1,5 Vol % und Wasserstoff bis 0,1 Vol %.

Die Gasentwicklung in diesen Bohrlöchern wird weiter erfasst. Die geoelektrischen Messungen in nicht aufgeheiztem Gebirge zeigt im Sohlenbereich Widerstandserhöhung infolge Austrocknung.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Unmittelbar vor Einschalten der Erhitzer sollen durch Gasprobenahme aus den Bohrlöchern der Ausgangszustand erfasst und dann durch weitere Probenahme etwa zweimal pro Jahr die Auswirkung der Temperatur auf die Gasbildung und –freisetzung erfasst werden.

Der Einfluss der Aufheizung auf die Leitfähigkeitsverteilung im Gebirge wird durch Fortsetzung des geoelektrischen Messprogramms untersucht.

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

keine

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

keine

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9198</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Untersuchungen zur Gasausbreitung in den technischen Barrieren Beton und Bentonit sowie im Granit im Felslabors Grimsel (Phase V)			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1998 bis 30.09.2002		<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 870.714,00 DM		<b>Projektleiter:</b> Dr. Jockwer	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Schächte und Zugangsstrecken in Endlagern für radioaktive Abfälle sollen durch technische Barrieren (Dämme, Abschlussbauwerke, Streckenversatz) hinreichend dicht und dauerhaft verschlossen werden. Als Verschlussmaterialien sollen u. a. Beton, Tone und Ton-Mineralgemische Verwendung finden. Im Felslabor Grimsel wird im Auftrag von RWMC ein Betonsilo mit einem Durchmesser von ca. 2,00 m und einer Höhe von ca. 2,00 m mit seinen technischen Barrieren hergestellt. In diesem Silo werden von GRS unter drei Versuchsbedingungen die Gasmigration in den technischen Komponenten (Beton, Bentonit) und im angrenzenden Gebirge untersucht. Unter realistischen Bedingungen soll das Zusammenwirken im Normalfall und des Versagens der verschiedenen technischen Barrieren bei hohem Druck ermittelt werden.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Vorhaben (Arbeiten der GRS) untergliedert sich in:

- AP1** Ermittlung des Gasgehaltes sowie des Fluiddruckes im Porenraum des den Versuchsort umgebenden Granites (Step A Site Characterisation)
- AP2** Gasausbreitung in den Bauwerkskomponenten des Silos (technische Barrieren Beton und Bentonit) unterhalb eines Gasdurchbruchs (Step B with vent)
- AP3** Ermittlung des Gasdurchbruchdruckes durch die technischen Barrieren, Aufzeigen von Schwachstellen und Gasausbreitung im umgebenden Gebirge (Step C without vent).

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

An frisch erbohrtem Kernmaterial der Messbohrungen 99001 bis 99004 sowie aus drei weiteren Bohrungen durch die Scherzone wurde der Gasgehalt qualitativ und quantitativ bestimmt.

Aus den Messbohrungen wurden Gas- und Wasserproben für die Analysen entnommen.

Für das Silobauwerk wurden Installationsvorschläge zur Erfassung der Gasmigration entwickelt und an NAGRA übergeben. Diese Vorschläge konnten bisher noch nicht abgestimmt werden, da die Detailplanung für das Silo noch nicht abgeschlossen ist.

### **4. Ergebnisse**

Die Formationswasser, die sich in den 4 Messbohrungen einstellten, enthielten bis zu 8 l CO<sub>2</sub> pro 1000 kg Wasser. Höhere Kohlenwasserstoffe und Wasserstoff waren nur in Spuren (< 0,1 l pro 1000 kg Wasser) vorhanden. Aus den festen Gesteinsproben konnten bis zu 2 l CO<sub>2</sub> pro 1000 kg bei einer Temperatur von 100 °C freigesetzt werden.

Für die im Versuchsfeld zu installierenden Komponenten sind die Konstruktionspläne ausgearbeitet worden.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Fortführung der Druckmessungen unter Teilsättigung der Messintervalle mit Argon als Trägergas. Bestimmung der Gleichgewichtspartialdrücke der verschiedenen aus dem Gebirge freigesetzten Gas-komponenten.

Abstimmung der zu installierenden Komponenten mit NAGRA und RWMC.

Bau der zu installierenden Komponenten.

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

keine

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

GMT/M: 99-12: GRS Status Report 9/99 subtask 'Gas Analysis' (Nagra Interner Bericht).

GMT/IR 99-09: GRS Second Status Report of Activities under the Subtask Cooperation on Gas Analyses, H. Kull, N. Jockwer, U. Hertel, March 2000

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9208</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Felslabor Grimsel (Phase V): Effektive Parameter (EFP) -Begleitende geoelektrische Untersuchungen-			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1998 bis 30.09.2001		<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 338.356,00 DM		<b>Projektleiter:</b> Dr. Flach	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Für die Abschätzung der großräumigen Transportmechanismen wird von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), mit der das Vorhaben als Gemeinschaftsvorhaben durchgeführt wird, die Aufstellung eines numerischen Modells geplant, das basierend auf den bisherigen Erkenntnissen entwickelt und in einem Feldversuch im Felslabor Grimsel, Schweiz, validiert werden soll.

Der GRS-Beitrag zu diesem Feldversuch besteht darin, mit geoelektrischen Messungen die Ausbreitung von Tracern unterschiedlicher Leitfähigkeiten in einem ausgewählten Kluftsystem zu erforschen und Eingangsparameter für das numerische Modell des Transportmechanismus zu liefern. Da das Tracerexperiment zunächst in einem Gebirgsbereich mit bekannten geologischen und geometrischen Verhältnissen stattfindet, soll die Leistungsfähigkeit der angewandten geoelektrischen Methode überprüft werden.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Optimierung der Auswertemethodik der Leitfähigkeitstomographie und großräumiger Feldversuch zur Überprüfung des konzipierten Modellansatzes.
- Visualisierung der Tracer-Ausbreitung in einem Kluftsystem mittels Elektrotomographie.

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

Für die Durchführung des kleinräumigen Salztracertests, der von den Projektpartnern BGR und GRS gemeinsam durchgeführt wird, wurden 4 vorhandene Messbohrungen im Bereich des Bohrlochkranzversuches auf Längen zwischen 12 und 30 m mit Elektrodenketten mit einem Elektrodenabstand von 1 m bestückt. Um eine gute Ankopplung der Elektroden an das Gebirge zu erreichen, wurden die Elektrodenketten einzementiert. Sie wurden an das Mehrkanal-Datenerfassungssystem angeschlossen.

Erste Modellrechnungen unter Einbeziehung eines Kluftsystems, das von den Messbohrungen durchstoßen wird, sowie Testmessungen zur Überprüfung der Ankopplung wurden durchgeführt.

### **4. Ergebnisse**

Wie die Ergebnisse der Testmessungen zeigen, war die Installation der Elektrodenketten in den Messbohrungen erfolgreich. Da der eigentliche Tracertest noch nicht durchgeführt werden konnte, liegen keine weiteren Ergebnisse vor. Die bisherigen Modellrechnungen zeigen, dass die vorhandene Kluft erkannt werden kann.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Weitere Schritte:

- Durchführung weiterer Modellrechnungen zur Visualisierung der Tracer-Ausbreitung
- Verfüllung von weiteren 6 Bohrungen, um Wegsamkeiten des Tracers zu verhindern
- Durchführung des ersten Tracerexperimentes

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

keine

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

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> BGR, Stilleweg 2, 30655 Hannover		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9218</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Deutsch-Schweizerische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung (Felslabor Grimsel Phase V). Teilprojekt I: Effektive Parameters (EFP); Teilprojekt II: Numerical Calculation of Two-Phase Flow.		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1998 bis 31.12.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 961.920,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Shao	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

### EFP

In dem Vorhaben sollen die vorhandenen konzeptionellen Modellvorstellungen und die eingesetzten numerischen Programme für die Modellierung der großräumigen Schadstofftransportprozesse in geklüfteten Formationen überprüft bzw. mit den Versuchsdaten validiert werden. Es sind die effektiven Parameter zur Beschreibung repräsentativer Volumina des Wirtsgesteins um ein Endlager zu ermitteln.

Die folgenden Teilziele sollen erreicht werden:

- Überprüfung des Verfahrens zur Charakterisierung des Wirtsgesteins, inklusive Identifizierung großer Klüfte und Festlegung des repräsentativen Elementarvolumens des fein geklüfteten Granits sowie des Matrixbereiches durch Ableitung der hydraulischen Kennwerte aus der Kluftstatistik,
- Überprüfung der Modellbildung zur Berechnung der zeitlich/räumlichen Verteilung der Tracerkonzentrationen in großen Gebirgsvolumina,
- Konzipierung, Festlegung und Durchführung großräumiger In-situ-Tracerversuche zur Validierung des vorgestellten Modells und
- Nachweis der Übertragbarkeit des Verfahrens auf andere geologische Formationen.

### GMT

Die Zielsetzung bei der Beteiligung am japanischen Projekt "Gas Migration Test in the Engineered Barrier System" sind:

- Überprüfung von numerischen Methoden und Modellen zur Beurteilung des Schadstofftransports in einer Gas-Wasserströmung im geklüfteten Granit,
- Zusammenstellung einer Datenbasis für die Ermittlung von physikalischen Parametern zur Zweiphasenströmung in porösen und geklüfteten Medien und Kalibrierung der numerischen Modelle, sowie
- Weiterentwicklung des numerischen Modells zur Modellierung des Gastransportprozesses im Engineered Barrier System und angrenzenden Felsgestein.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

### EFP

- Geologisches Bohrprogramm
- Neubewertung des Trennflächengefüges
- High-Resolution Seismic Tomography
- Tomographische Messung der elektrischen Leitfähigkeit
- Erstellung geohydraulischer Modelle
- Planung, Vorausberechnung und Durchführung großräumiger Tracerversuche
- Internationale Zusammenarbeiten

- Bewertung des Modells

#### GMT

- Geologische und hydraulische In-situ-Untersuchungen der EDZ im Silo-Bereich
- Numerische Zweiphasenfluss-Modellierung

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

- Mit dem Programmpaket FRACMAN wurde anhand der ermittelten statistischen Kluftparameter eine Reihe stochastischer Kluftnetzwerke erzeugt.
- Einbau von Packersystemen in die Bohrungen für die Tracer-Versuche; Verschluss nicht mehr benötigter Bohrungen durch Zementation im Salztracer-Versuchsfeld zur Vermeidung hydraulischer Kurzschlüsse;
- Diskussion mit ERL/ITRI über die mögliche Zusammenarbeit zum Teilprojekt EFP (Kluftdatenanalyse und numerische Modellierung von Tracertests).

#### GMT

- Fertigstellung des Berichts zu geologischen und hydraulischen In-situ-Untersuchungen

### **4. Ergebnisse**

#### EFP

- Anhand verschiedener stochastischer Kluftnetzwerke wurde ermittelt, ab welcher räumlichen Kluftdichte eine durchgängige hydraulische Verbindung im Bereich des BK-Stollens existiert (Perkolationsschwelle). Die stochastischen Ergebnisse werden mit den Bohrkernaufnahmen verglichen und bewertet.
- Der Einbau von Packersystemen und die Zementation in den Bohrungen führten zu einer verbesserten hydraulischen Trennung unterschiedlicher Gebirgsbereiche. Durch diese Tatsache können unterschiedliche Tracerversuche in verschiedenen Homogenbereichen gleichzeitig durchgeführt werden.

#### GMT

- Es wurde gezeigt, dass sich die geologische Barriere durch ein gekoppeltes Kluft-Matrix-Modell darstellen lässt. Darin ist die Kluftpermeabilität mit  $10^{-13} \text{ m}^2$  und die Matrixpermeabilität mit  $10^{-18} \text{ m}^2$  anzusetzen.
- Eine detaillierte geologische Karte der Stollenwand wurde den Partnern zur Verfügung gestellt.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

#### EFP

- Derzeit werden mit den eingebauten Leitermessketten geoelektrische Nullmessungen der Leitfähigkeit durchgeführt. Anhand dieser Messungen kann abgeschätzt werden, ab wann der Zement in den Bohrungen abgebunden hat. Sobald stationäre geoelektrische Potenziale erreicht sind, kann mit einem Vorversuch zur tomografischen Darstellung der Kluftdurchströmung begonnen werden.
- Mit den Programmsystemen SPRING und ROCKFLOW werden numerische Vorausberechnungen zur Auslegung weiterer Feldversuche durchgeführt.

#### GMT

- Zweiphasen-Modellierung VEGAS-Versuch
- Programmentwicklung zu quelldruckabhängiger Permeabilität

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

keine

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

Shao, H., Monecke, K., „Geological and Hydraulic Characterisation of EDZ in GMT Silo Cavern at Grimsel Test Site“, (Nagra GMT-IR-99/08)

<b>Zuwendungsempfänger:</b> BGR, Stilleweg 2, 30655 Hannover		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9228</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Weiterführung der Arbeiten zu den experimentellen und numerischen Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.1999 bis 31.03.2000	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 31.03.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 112.231,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Heusermann	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Seit mehreren Jahren wird auf der Schachanlage Asse ein großmaßstäblicher Versuch zur thermischen Simulation der Einlagerung wärmeentwickelnder Abfälle in Strecken im Salzgebirge durchgeführt, um die Einlagerungstechnik zu demonstrieren und insbesondere die langfristige Reaktion des Streckenversatzes und des umgebenden Gebirges aus geowissenschaftlicher Sicht zu beobachten und zu bewerten. Dazu führt die BGR experimentelle und theoretische geotechnische Untersuchungen (In-situ-Messungen, Laborversuche, numerische Modellberechnungen, Weiterentwicklung von Stoffgesetzen) durch.

Das Vorhaben schließt an die FuE-Vorhaben „Geotechnische Untersuchungen im Rahmen des Demonstrationsversuchs ‘Thermische Simulation der Streckenlagerung (TSS)’“ und „Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar“ an.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Untersuchungsprogramm zu den geotechnischen Eigenschaften und zum geotechnischen Verhalten des Salzgebirges und des Versatzmaterials umfasst folgende Punkte:

- Langfristige Ermittlung von Gebirgsspannungsänderungen, hervorgerufen durch Wärmeeinwirkung und durch Kriechen des Gebirges,
- Untersuchungen des Gebirgsdeformationsverhaltens im erwärmten Bereich unter definierter Belastung,
- Ermittlung von Absolutspannungen im erwärmten Gebirgsbereich,
- Beurteilung der Kompaktion des Streckenversatzes in Abhängigkeit von der Zeit und der Temperatur,
- Demonstration der Eignung geotechnischer Messmethoden,
- Auswertung und Interpretation der In-situ-Messungen mit Hilfe begleitender geomechanischer Untersuchungen (Laborversuche, numerische Berechnungen) sowie Vergleich mit Ergebnissen thermomechanischer Modellberechnungen.



### **3. Durchgeführte Arbeiten**

- Fortsetzung der Messung von Temperaturen und thermisch induzierten Spannungsänderungen im Versuchsfeld auf der Schachanlage Asse während der abschließenden Abkühlphase,
- Wartung der In-situ-Messeinrichtungen auf der Schachanlage Asse,
- Erstellung von Unterlagen für die Anfertigung des Schlussberichtes.

### **4. Ergebnisse**

Die während der Abkühlphase in situ beobachteten Temperatur- und Spannungsänderungen im Salzgebirge stimmen qualitativ mit den Ergebnissen thermomechanischer Modellberechnungen überein.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Das Vorhaben ist zum 31.03.2000 beendet worden. Derzeit erfolgt noch die Anfertigung des Schlussberichts für das BMBF.

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

keine

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

Heemann, U., S. Heusermann & N. Knowles (1999): Benchmarking the Behaviour of Crushed Salt - The CEC BAMBUS project. NAFEMS World Congress, 25-28 April, Newport, Rhode Island, USA.

Heemann, U., S. Heusermann, W. Sarfeld & B. Faust (1999): Numerical Modelling of the Compaction Behaviour of Crushed Rock Salt. NUMOG VII, 1-3 Sept., Graz, Austria.

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln	<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9239</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern	
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.02.2000 bis 31.01.2003	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.02.2000 bis 30.06.2000
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 3.037.133,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Brewitz

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen des Vorhabens werden die wissenschaftlichen Ergebnisse von experimentellen und theoretischen FuE-Vorhaben im Hinblick auf ihre Berücksichtigung in Modellvorstellungen und Modelldaten für Langzeitsicherheitsanalysen ausgewertet. Beantragte und laufende Projekte werden hinsichtlich ihrer Relevanz für die Bewertung der Langzeitsicherheit überprüft.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

TA 1: Bearbeitung grundlegender Aspekte:

- Verfolgung und Bewertung internationaler Entwicklungen zu offenen Fragen bei Langzeitsicherheitsnachweisen und Einbringung nationaler Interessen in internationale Aktivitäten.
- Auswertung neuer wissenschaftlicher Ergebnisse und Erarbeitung aktualisierter Modelle und Daten zur Verwendung in Instrumentarien für Langzeitsicherheitsanalysen.
- Erarbeitung wissenschaftlicher Stellungnahmen zu grundsätzlichen methodischen Vorgehensweisen in der Langzeitsicherheitsanalyse, wie zur Verwendung geeigneter Sicherheitsindikatoren oder zur Leistungsfähigkeit probabilistischer bzw. deterministischer Sicherheitsanalysen.

TA 2: Detaillierte Arbeiten zu ausgewählten Einzelthemen:

- Absicherung der bisher in Langzeitsicherheitsanalysen verwendeten Konvergenzansätze auf Basis vorliegender Ergebnisse.
- Verfolgung und Begleitung von Vorhaben über Natürliche Analoga und Bewertung ihrer Relevanz für den Langzeitsicherheitsnachweis von Endlagern.
- Aktualisierung des Kenntnisstands über Human-Intrusion-Szenarien, Erweiterung der bisherigen Modelle und Durchführung von Konsequenzanalysen.

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- TA 1: - Teilnahme an der 33. RWMC-Sitzung zur Einrichtung der neuen Gruppen IGSC (The Integrated on the Safety Case) und FSC (The forum on the Stakeholder Confidence) und Behandlung eines Berichtsentwurfs zur Rückholbarkeit.
- Teilnahme an der Kick-Off-Sitzung der neu etablierten NEA-Arbeitsgruppe IGSC, in der das Arbeitsprogramm beraten und grundlegende Begriffe (Safety case) diskutiert wurden.

- Teilnahme an der Arbeitssitzung von IPAG-3 zum Thema vertrauensbildende Maßnahmen in Performance Assessments vom 3.-5. Mai in Toronto. Auswertung der Fragebögen und Mitarbeit am Abschlussbericht.
- Abstimmungsgespräch mit PTE über zukünftige Forschungsschwerpunkte.
- Mitarbeit im Programmkomitee zur Ausrichtung des Workshop der OECD/NEA über Gasmigration und Zweiphasenfluss vom 26.-28. Juni in Reims und Teilnahme an der Tagung mit einem Vortrag.
- Teilnahme mit Vortrag am 5. Workshop „Chancen und Grenzen der geochemischen Transport-Modellierung bei der Verwahrung von Uranbergwerken und bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle“ am 18./19. Mai in Dresden.

#### 4. Ergebnisse

- TA 1:
- Paper „GRS Strategy for the Treatment of Gas-Related Issues for Repositories Located in Rock Salt“ für den Workshop der OECD/NEA über Gasmigration und Zweiphasenfluss.
  - Paper zum 5. Workshop „Chancen und Grenzen der geochemischen Transport-Modellierung bei der Verwahrung von Uranbergwerken und bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle“ [1].
  - Der NEA-Bericht „Scenario Development: Methods and Practice“ liegt als Entwurf vor.

#### 5. Geplante Weiterarbeiten

- TA 1:
- Teilnahme an der nächsten Sitzung der NEA Arbeitsgruppe IGSC in Paris
  - Teilnahme an der Tagung „Spektrum 2000“ in Chatanooga
  - Teilnahme an der Sitzung zum Projekt BIOMASS in Wien
  - Koordination des EU-Projekts „Safety and Performance Indicators“ (SPIN). Ausrichtung des ersten Arbeitstreffens in Deutschland.
  - Durchführung vergleichender Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit der Endlagerung von abgebranntem Brennstoff in Granit- und Salzformationen
  - Zusammenstellung der Ergebnisse nationaler und internationaler Arbeiten zur Auswirkung von Versatzstoffen auf das chemische Milieu
- TA 2:
- Zusammenstellung und Sichtung der vorliegenden Arbeiten zur Konvergenz und Festlegung der weiteren Vorgehensweise im Rahmen dieses Projekts.

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

keine

#### 7. Berichte, Veröffentlichungen

[1] U. Noseck, D. Buhmann, E. Fein, Th. Kühle: Berücksichtigung chemischer Effekte in Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit. in: Tagungsband zum 5. Workshop Chancen und Grenzen der geochemischen Transport-Modellierung bei der Verwahrung von Uranbergwerken und bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle. Dresden, 18./19. Mai 2000.

<b>Auftragnehmer:</b> DBE, Eschenstraße 55, 31224 Peine		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9249</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entwicklung und In-situ-Erprobung faseroptischer Überwachungssysteme unter dem Aspekt des Nachweises der Betriebssicherheit in einem Endlager			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.02.2000 bis 31.07.2003		<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.02.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 3.705.000,00 DM		<b>Projektleiter:</b> Herr Jobmann	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Während der Betriebsphase eines Endlagers sind aus Gründen der Betriebssicherheit Überwachungsmaßnahmen in den untertägigen Hohlräumen unumgänglich. Gleichzeitig lassen sich grundlegende Daten und Annahmen der im Vorfeld durchgeführten Langzeit-Sicherheitsanalyse anhand der in der über mehrere Jahrzehnte dauernden Betriebsphase gemessenen Daten überprüfen und die Prognoserechnungen auf eine belastbarere Basis stellen. Die Glasfasertechnologie bietet gegenüber konventionellen, mit elektrischen Signalen arbeitenden Sensortechniken, unbestrittene Vorzüge. Glasfasern sind nicht nur widerstandsfähiger gegenüber chemischer Korrosion und hohen Temperaturen, ihre ideale elektromagnetische Verträglichkeit, große Bandbreiten, ausgezeichnete Vernetzungseigenschaften und hohe Übertragungsgeschwindigkeiten gewährleisten eine große Zuverlässigkeit. Das Vorhaben soll einen wesentlichen Beitrag leisten, um faseroptische Monitoringsysteme zur technischen Reife für diese Aufgabe zu führen. Neben der Entwicklung von Monitoring-System-Prototypen ist ihre mehrjährige In-situ-Erprobung in verschiedenen Wirtsgesteinsformationen, sowie ihre Qualifizierung für den Einsatz im Rahmen von Sicherheitsnachweisen vorgesehen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Projektmanagement
2. Überwachungsaufgabe und Sensorik
3. Kriterien zur Qualifizierung
4. Thermo-hydro-mechanische Überwachung
  - a) Wirtsgestein
  - b) Barriere
5. Berichtswesen

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

- Zu 1: - Ein Arbeitstreffens wurde bei I.D. FOS Research in Geel, Belgien durchgeführt. Die Zustimmung seitens des BfS zur Fortführung der Messungen in der Schachanlage Konrad wurden erbeten und liegt vor. Die Verlängerung der Sonderbetriebs-planzulassung wurde erwirkt.
- Zu 3: - Begonnen wurde mit einer Literaturrecherche über vorhandene Normen im Bereich faseroptischer Systeme.
- Zu 4: - Die im vorangegangenen Projekt (02 E 8946) begonnenen Messungen der im Schacht Konrad installierten faseroptischen Demonstrationsanlage wurden fortgeführt. Die Software zur Messwerterfassung wurde weiterentwickelt und ein Update unter Tage eingespielt. Die manuell durchzuführenden konventionellen Konvergenzmessungen am Streckenquerschnitt wurden zum kontinuierlichen Vergleich ebenfalls fortgeführt.

### **4. Ergebnisse**

Durch das neue Software-Update wird eine automatische Rekalibrierung des optischen Systems der In-situ-Anlage im Konrad ermöglicht. U. a. ist es jetzt auch Nichtfachleuten - z.B. nach einem Stromausfall - möglich, das Messsystem neu zu starten und zu kalibrieren.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Der bereits im vorangegangenen Projekt festgestellte nachteilige Temperatureinfluss auf das Erfassungssystem im Konrad soll durch einen gekühlten Schrank reduziert werden, um einen reibungslosen Messbetrieb in den nächsten Jahren zu ermöglichen.

Geplant wird ein In-situ-Test in einer Salzformation. Die erforderlichen Rahmenbedingungen zur Durchführung an einem der Endlagerstandorte der DBE wird geprüft.

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

keine

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

Vorbereitet wurde eine Veröffentlichung der bisherigen Ergebnisse, die in erster Linie im vorangegangenen Projekt erzielt wurden, im Rahmen eines Posters auf der DisTec2000.

<b>Auftragnehmer:</b> IfG, Friederikenstraße 60, 04279 Leipzig	<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9259</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Untersuchung des Spannungszustandes und des gebirgsmechanischen Verhaltens von Versatz und Wirtsgestein in Abhängigkeit von der Temperatur	
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.04.2000 bis 31.12.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.04.2000 bis 30.06.2000
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 397.247,00,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr.-Ing. Kamlot

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit dem von BGR, GRS, IfG und FZK gemeinsam bearbeiteten Vorhaben wird das Projekt „Thermische Simulation der Streckenlagerung/Verhalten von Versatzmaterial in Strecken“ (TSS/VVS) beendet und abschließend ausgewertet. Vor dem Hintergrund der Zielsetzung des seit 1985 bearbeiteten Projektes sollen in der abschließenden Auswertephase die gewonnenen Kenntnisse zusammengestellt und anhand von gezielten Detailuntersuchungen vertieft werden. Besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf Untersuchungen, die mit den im Versuchsfeld installierten Messinstrumenten nicht möglich waren und für deren Durchführung daher ein direkter Zugang in die Strecken erforderlich ist. Gemeinsame übergeordnete Ziele dieser Arbeiten sind die weitere Verbesserung der numerischen Modelle zur Berechnung der thermomechanischen Bedingungen im Endlager und die Absicherung von Kennwerten, die für den Bau und die Sicherheitsbewertung des Endlagers benötigt werden.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1: Untersuchung der Porosität, Permeabilität und Tragfähigkeit von verdichteten Versatzproben aus der Erhitzerstrecke.
- AP 2: Bestimmung der mit der Kompaktion zunehmenden Festigkeit und Steifigkeit von Steinsalzversatz in einer Versatzdruckzelle.
- AP 3: Untersuchung des Langzeittragverhaltens von Steinsalz bei unterschiedlichen Versuchstemperaturen.
- AP 4: Durchführung von Spannungssondierungen im Erhitzerfeld und Vergleichsstandorten im Bergwerk Asse.
- AP 5: Numerische Simulation eines Versatzdruckversuches im Modell und Anwendung des so bestätigten Stoffansatzes auf die Modellierung der Erhitzerstrecke.

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

- Auswertung der in einer ersten Messkampagne im Zwischenfeiler des Erhitzerfeldes durchgeführten Hydrofrac-Spannungssondierungen.
- Erarbeitung der Konzeption für die Laborversuche an Steinsalzversatz und Steinsalz.
- Zuarbeit an den Projektträger für die Beantragung der Förderung durch die Europäische Kommission.

### **4. Ergebnisse**

- Die minimalen Druckeinspannungen im erhitzten Zwischenfeiler lagen im Januar 1999 zwischen 8 und 10 MPa.
- Diese Werte lassen sich mit Modellrechnungen des FZK bestätigen.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Entsprechend der Vorhabensbeschreibung.

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

keine

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

keine

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln	<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9269</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Abschließende Auswertung des Projektes „Thermische Simulation der Streckenlagerung / Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar“	
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.04.2000 bis 31.12.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.04.2000 bis 30.06.2000
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 595.680,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dipl.-Geophys. Rothfuchs

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Konzept der direkten Endlagerung sieht die Einlagerung von Brennelementen in selbstabschirmenden Behältern in versetzten Endlagerstrecken vor. Infolge des plastischen Verhaltens von Steinsalz konvergieren die Strecken, so dass der Versatz kompaktiert wird. Ziel des o.g. Versuches ist die Simulation der Streckenlagerung zur Untersuchung der thermischen und thermomechanischen Bedingungen im Versatz und Gebirge. Die Messdaten dienen zur Überprüfung und Weiterentwicklung von Modellen zur Prognose der Verhältnisse im Endlager. Der Versuch wurde am 25.09.1990 mit dem Einschalten der Erhitzer gestartet, am 01.02.1999 wurden die Erhitzer ausgeschaltet. Die wichtigsten Parameter wurden mit einem geotechnischen Messprogramm erfasst. Die Konvergenz des Steinsalzes und die Kompaktion des Versatzes verliefen deutlich langsamer als erwartet. Um die Ursachen hierfür zu ermitteln, ist es erforderlich, eine Versuchsstrecke aufzufahren, um Nachuntersuchungen am Versatz und den Messinstrumenten zu ermöglichen. Mit dieser abschließenden Phase wird das Projekt beendet. Die gewonnenen Erkenntnisse werden zusammengestellt und vertieft, so dass die numerischen Modelle weiterentwickelt und den realen Verhältnissen angepasst werden können.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Durchführung des Beprobungsprogramms
- Geotechnische Laboruntersuchungen
- Gasfreisetzungsmessungen
- Chemisch-mineralogische Laboruntersuchungen
- Bergung und Nachuntersuchung von Messinstrumenten
- Abschließende Auswertung und Interpretation der Messergebnisse
- Erstellung von Projektberichten



### **3. Durchgeführte Arbeiten**

Wegen der Verzögerungen beim Abschluss des Vertrages mit der Kommission der Europäischen Union konnte die vorgesehene Streckenaufwältigung bisher noch nicht begonnen werden. Es wurden daher nur einige Proben aus einer im Rahmen des Vorprojektes VVS erstellten Erkundungsbohrung im Labor untersucht.

Weiterhin wurden in Vorbereitung des Beprobungsprogramms Pläne zur Gewinnung kompakterer Versatzproben und zur Rückgewinnung von Messeinrichtungen erstellt. Die Unterlagen wurden teilweise den Projektpartnern zur Abstimmung zugesandt.

### **4. Ergebnisse**

Die Proben aus dem kalten Bereich weisen eine mittlere Porosität von 24,8 % und eine mittlere Gaspermeabilität von  $5,4E-12 \text{ m}^2$  auf. Im Bereich des Erhitzers 1 betragen die entsprechenden Werte 22,8 % bzw.  $7,7E-12 \text{ m}^2$ . Diese Ergebnisse bestätigen die In-situ-Permeabilitätsmesswerte. Die Porositätsmesswerte weisen dagegen im Vergleich zu den in situ ermittelten Werten auf eine stärkere Kompaktion hin, deren Ursache im Verlauf der weiteren Untersuchungen zu klären ist.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

- Beginn der Streckenaufwältigung
- Beginn des Beprobungsprogramms
- Beginn der Laboruntersuchungen

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

keine

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

keine

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln	<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9279</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Geelektrische Untersuchung der Aufsättigung von Bentonitbarrieren im HRL-Äspö-Projekt „Prototype Repository“	
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.2000 bis 31.12.2003	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 825.707,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dipl.-Geophys. Rothfuchs

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen des von der SKB durchgeführten Forschungsprojektes “Prototype Repository” soll im schwedischen Hartgesteinslabor Äspö eine Demonstrationseinlagerung von Erhitzern in Großbohrlöchern erfolgen. Die Versuchsstrecke und die Resthohlräume in den Einlagerungsbohrlöchern im Granit werden mit Ton-Lockermaterialien bzw. mit Formteilen aus Bentonit versetzt. Von der GRS wird in diesem Projekt der räumliche und zeitliche Verlauf der Aufsättigung der Bentonitbarrieren mit Hilfe geoelektrischer Widerstandsmessungen qualitativ überwacht. Eine quantitative Umrechnung der Widerstandswerte in Wassergehalte erfordert parallele Laboruntersuchungen, da Tonmaterialien die Leitfähigkeit des Porenfluids während seiner Migration durch Ionenaustausch beeinflussen. Am Ende des Projektes wird aus den In-situ-Messungen und den Ergebnissen der Laboruntersuchungen der zeitliche und räumliche Ablauf der Aufsättigung in den überwachten Bereichen bekannt sein. Die Messdaten stellen für die Überprüfung der numerischen Simulation des Aufsättigungsverhaltens von Tonbarrieren in Langzeitsicherheitsanalysen eine sehr wichtige Datenbasis dar.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: In-situ-Ermittlung der räumlichen und zeitlichen Wasserverteilung in Gebirge, Bohrloch-Buffer und Streckenversatz
- AP2: Laborversuche zur Ermittlung der Resistivität (bzw. Leitfähigkeit) von Bentonitproben in Abhängigkeit vom Wassergehalt bzw. der Salinität des Porenfluids

## 3. Durchgeführte Arbeiten

- AP 1: Mit SKB wurde ein vorläufiger Vorschlag zur Verteilung der Multi-Elektroden-Arrays im Versuchsfeld 460 m unter Tage abgestimmt. Die Kabelwege zum Anschluss der hieraus resultierenden 224 Elektroden wurden ebenfalls vorläufig festgelegt. Um ein unerwünschtes Eindringen von Formationswässern über defekte Kabelstränge in die Bentonitbarrieren zu vermeiden, müssen auf Anforderung von Clay Technology bzw. SKB spezielle druckwas-

serdichte Kabel und Kabelverbindungen verwendet werden. Die erforderlichen technischen Spezifikationen wurden mit Fachfirmen abgestimmt und die zugehörigen Angebotsanfragen wurden versandt.

AP 2: Es wurde eine Zelle konstruiert, in der Bentonit auf die gewünschte Dichte kompaktiert und anschließend die elektrische Leitfähigkeit in einer Vierpol-Anordnung gemessen werden kann. Aufgrund der Messdaten von 3/98 bis 9/99 wurde eine Referenzlösung definiert ("Äspölösung"), mit der alle Versuche durchgeführt werden.

#### **4. Ergebnisse**

AP 1: Im Versuchsfeld werden gemäß der vorläufigen Absprachen mit SKB insgesamt 10 Elektrodennetzen installiert werden. Folgende Verteilung ist vorgesehen: Jeweils eine Kette in den Sektionen I und II verteilt über den elliptischen Umfang einer gegenüber dem kreisrunden Streckenquerschnitt um 35 Grad geneigten Fläche (72 Elektroden), vier vertikale Messketten zur Überwachung des Buffers am Kopf des Bohrloches 5 (32 Elektroden) sowie vier weitere vertikale Messketten zur Überwachung des Gebirges zwischen den Bohrlöchern 5 und 6 (120 Elektroden). Für den Anschluss aller Messkabel an die Messanlage in einer benachbarten Strecke werden zwei Verbindungsbohrungen benötigt. Die Angebote für die wasserdichten Kabel und Kabelverbindungen liegen noch nicht vor.

AP 2: Erste Versuche haben begonnen. Ergebnisse liegen noch nicht vor.

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

AP1:

- endgültige Abstimmung der Messarrays (2000)
- Beschaffung der erforderlichen Kabel und Kabelverbindungen (2000)
- Konfektionierung der Messkabel in der GRS-Werkstatt in Braunschweig (2000/2001)
- Aufbau und Test der Messanlage (2001)
- Installation der Messketten und der Messanlage im HRL Äspö (2001)
- Beginn der In-situ-Messungen (2001)

AP 2:

Herstellung von zunächst 5 Prüfkörpern mit einem Wassergehalt zwischen 0 und 20 Gew.-%. Danach Entscheidung über den genauen Wertebereich für den Wassergehalt, in dem dann weitere Messungen vorgenommen werden. Durchführung eines Perkolationsversuches von kompaktiertem MX-80 mit Äspölösung.

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

keine

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

keine

<b>Auftragnehmer:</b> DBE, Eschenstraße 55, 31224 Peine		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9289</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Versuchsfeldaufwältigung und Rückgewinnung von Materialproben und Messeinrichtungen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.04.2000 bis 31.12.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.04.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.506.230,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dipl.-Ing. Bollingerfehr	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit dem von BGR, GRS, IfG, DBE und FZK gemeinsam bearbeiteten Vorhaben wird das Projekt "Thermische Simulation der Streckenlagerung/ Verhalten von Versatzmaterial in Strecken" (TSS/VVS) beendet und abschließend ausgewertet. Vor dem Hintergrund der Zielsetzung des seit 1985 bearbeiteten Projekts sollen in der abschließenden Auswertephase die gewonnenen Kenntnisse zusammengestellt und anhand von gezielten Detail-Untersuchungen vertieft werden. Besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf Untersuchungen, die mit den im Versuchsfeld installierten Messinstrumenten nicht möglich waren und für deren Durchführung daher ein direkter Zugang in die Strecken erforderlich ist. Gemeinsame übergeordnete Ziele dieser Arbeiten sind die weitere Verbesserung der numerischen Modelle zur Berechnung der thermomechanischen Bedingungen im Endlager und die Absicherung von Kennwerten, die für den Bau und die Sicherheitsbewertung des Endlagers benötigt werden.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Im Rahmen des Gemeinschaftsvorhabens arbeitet die DBE an folgenden Arbeitspaketen:

### AP 5: Messinstrumente

- Untersuchung der Ursachen für den Ausfall bestimmter Messgeräte
- Überprüfung der Genauigkeit der Messgeräte in Hinblick auf die Zuverlässigkeit der angezeigten Messergebnisse

### AP 6: Modellierung

- Weiterentwicklung von Stoffgesetzen für das Versatzmaterial Salzgrus
- Weiterentwicklung der Modellierungsverfahren für gekoppelte thermomechanische Rechnungen

**AP 7: Retrievability**

- Untersuchungen zur Rückholbarkeit von eingelagerten Kokillen
- Untersuchungen zur Rückholbarkeit von POLLUX-Behältern

**AP 8: Dokumentation**

- Dokumentation der Ergebnisse des seit 1985 bearbeiteten Projekts

**AP 9: Versuchsfeldbetrieb**

- Aufwältigung der Versuchsstrecke
- Probenahme an Versatzmaterial

**3. Durchgeführte Arbeiten**

AP 5: Planung zur Rückgewinnung der Messsensoren in den zwei DBE Messquerschnitten

AP 9: In Abstimmung mit den Beteiligten wurde Art und Umfang der Rückgewinnung von Messsensoren geplant. Der Ablauf der Aufwältigungsarbeiten wurde mit dem Betrieb ASSE der GSF vorbereitet.

**4. Ergebnisse**

keine

**5. Geplante Weiterarbeiten**

AP 5: Rückgewinnung der ersten Messinstrumente und Beginn der Nachuntersuchungen

AP 6: Weiterentwicklung von Stoffgesetzen für Salzgrus

AP 7: Beginn der Rückholbarkeitsplanung von POLLUX-Behältern

AP 9: Weitere planmäßige Aufwältigung der Versuchsstrecke

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

keine

**7. Berichte, Veröffentlichungen**

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> FZR, Bautzner Landstraße 128, 01474 Schönfeld-Weißig		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9299</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Untersuchungen über die Komplexierung und die Migration von Actiniden und nichtradioaktiven Stoffen mit Huminsäuren unter geogenen Bedingungen – Komplexierung von Huminsäuren mit Actiniden in der Oxidationsstufe IV Th, U, Np		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.2000 bis 30.11.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 692.000,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Bernhard	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens sind Beiträge zur realitätsnahen Beschreibung der Komplexierung und Migration von Actiniden in reduzierenden Systemen in Gegenwart von Huminsäuren. Diese bilden die Grundlage für zuverlässige Prognosen zur Ausbreitung radioaktiver und toxischer Schadstoffe, sowohl im Hinblick auf künftige Zwischen- und Endlager für radioaktive Abfälle als auch bei der Sanierung kontaminierter Flächen aus allen Phasen des Brennstoffkreislaufs, vom Erzabbau bis hin zur Stilllegung von Kernkraftwerken. Unter Einsatz verschiedener natürlicher, synthetischer und modifizierter Huminsäuren werden thermodynamische und kinetische Parameter zur Wechselwirkung vierwertiger Actinide (U, Th, Np) mit Huminsäuren unter reduzierenden Bedingungen bestimmt. Das Sorptionsverhalten von U(IV) und Th(IV) an relevanten Gesteinen in Gegenwart von Huminsäuren wird in Säulenexperimenten untersucht. Die erhaltenen Ergebnisse sollen in geeignete Modellierungsprogramme zur Bestimmung von Speziation und Migration integriert werden. Das Forschungsvorhaben erfolgt in Kooperation mit den Förderprojekten 02 E 9309 und 02 E 9329.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Sichtung der Literatur zur Komplexierung von Huminsäuren mit vierwertigen Actiniden. Aufrüstung des FTIR-Spektrometers und Installation eines neuen Lasersystems
2. Synthese von Modellhuminsäuren, einschließlich deren Modifizierung, <sup>13/14</sup>C-Markierung und Charakterisierung. Herstellung von Lösungen vierwertiger Actinide
3. Untersuchung der Komplexierung vierwertiger Actinide (U, Th, Np) mit Huminsäuren unter Verwendung synthetischer und natürlicher Huminsäuren
4. Untersuchung der Redoxstabilität der Humatkomplexe und der Komplexbildungskinetik
5. Säulenexperimente zur Migration von U(IV) und Th(IV) in Gegenwart von Huminsäuren
6. Softwareentwicklung und Modellanpassung in EQ 3/6 für Speziation und Migration, Einbindung eines Modells zur Beschreibung der Huminsäure-Komplexierung
7. Modellierung von Speziation und Transport

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- Literaturrecherche zur Komplexierung von Huminsäuren mit vierwertigen Actiniden
- Synthese der Modellhuminsäure vom Typ M42
- Elektrochemische Herstellung von U(IV)- und Np(IV)-Lösungen für Komplexierungsuntersuchungen und spektroskopische Charakterisierung der Lösungen (UV-Vis, TRLFS)
- Röntgenabsorptionsspektroskopische Untersuchungen von Np(V)-Komplexen der originalen und modifizierten (phenolische OH-Gruppen blockiert) Huminsäure Aldrich sowie der synthetischen Huminsäure Typ M42 in Lösung bei pH 7
- Röntgenabsorptionsspektroskopische Untersuchungen zur Wechselwirkung von U(IV) und Np(IV) mit natürlichen und synthetischen Humin- und Fulvinsäuren bei pH 1 (Huminsäure: Aldrich und Typ M42, Fulvinsäure: Kleiner Kranichsee)
- Röntgenabsorptionsspektroskopische Untersuchung von Vergleichsproben, d.h. U(IV) bzw. Np(IV) sorbiert an Bio-Rex 70 (Kationenaustauscher mit COOH-Gruppen)

### 4. Ergebnisse

- Synthese der Huminsäure vom Typ M42 wurde abgeschlossen (Ausbeute 52 g).
- U(IV) und Np(IV) wurden in den elektrochemisch präparierten Lösungen spektroskopisch nachgewiesen.
- UV-Vis spektroskopischer Nachweis der Np(V)-Humat-Komplexierung in den Np(V)-Huminsäure-Lösungen für die Röntgenabsorptionsmessungen wurde erbracht.
- Vorläufige Auswertung der röntgenabsorptionsspektroskopischen Messungen bestätigt das Vorliegen von Np(IV) bzw. Np(V) in den untersuchten Humin- bzw. Fulvinsäurekomplexen und Bio-Rex 70-Sorbaten.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

- Charakterisierung der synthetischen Huminsäure vom Typ M42
- Synthese modifizierter Huminsäuren Aldrich und Typ M42 mit blockierten phenolischen OH-Gruppen, Optimierung des Modifizierungsverfahrens
- Synthese einer <sup>14</sup>C-markierten Huminsäure vom Typ M42
- Fortsetzung der Auswertung der röntgenabsorptionsspektroskopischen Untersuchungen
- Fortsetzung der Untersuchungen zur Komplexierung von U(IV) mit Huminsäuren
- Analyse der Programmstruktur und der Eingabe-, Ausgabeschnittstellen von EQ 3/6 bezüglich der Integration von Huminsäuremodellen

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Johannes Gutenberg-Universität, Fritz-Strassmann-Weg 2, 55128 Mainz		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 E 9309</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Untersuchungen über das Komplexierungsverhalten von Huminsäuren und deren Einfluss auf die Migration von radioaktiven und nichtradioaktiven Stoffen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.2000 bis 31.12.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 822.000,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Trautmann	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Studien über die Wechselwirkung zwischen Huminsäuren und den Ionen des Neptuniums und Plutoniums in verschiedenen Wertigkeitsstufen sowie einiger Schwermetalle in Abhängigkeit verschiedener geochemischer Faktoren.

Hydrolysereaktionen und Kinetik der Komplexbildung und Redoxverhalten der Aktiniden in Huminsäurelösungen. Einfluss von anderen Kationen und anionischen Komponenten. Untersuchungen über das Sorptionsverhalten der Humatkomplexe in Säulenexperimenten. Modellierung der erhaltenen Daten mit geeigneten Programmen.

(Universität Mainz und Universität Saarbrücken als Auftragnehmer)

Zusammenarbeit mit dem Institut für Radiochemie des Forschungszentrums Rossendorf und dem Institut für Nukleare Entsorgungstechnik des Forschungszentrums Karlsruhe.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Komplexierungsverhalten von Np und Pu in verschiedenen Oxidationsstufen mit Huminsäuren unter umweltrelevanten Bedingungen; Studien zum Redoxverhalten von Np(V) und Pu(VI) in Huminsäurelösungen sowie zur Kinetik und Reversibilität der Humatkomplexbildung; Untersuchungen über das Sorptionsverhalten der Aktinidenhumatkomplexe in Säulenversuchen (Institut für Kernchemie der Universität Mainz).

Komplexbildung von Zn, Cd und Pb mit synthetischen Huminsäuren; Untersuchungen zur Konkurrenzsituation bei Komplexierungsreaktionen mit Huminsäuren sowie zur Wechselwirkung zwischen Anionen und Huminstoffen in Batch- und Säulenversuchen (Fachrichtung 8.14 der Universität des Saarlandes).

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Mit den vom Forschungszentrum Rossendorf zur Verfügung gestellten synthetischen Huminsäuren M1 und M1b wurden Versuche zur Bestimmung der Loading Capacity für Np(V) durchgeführt. Weiterhin wurde die Kinetik der Komplexbildung und -dissoziation von Np(V) mit Aldrich-Huminsäure mittels Ultrafiltration und kontinuierlicher Ionenfokussierung untersucht. Verschiedene Möglichkeiten der Sta-



bilisierung von Pu(VI) und zur Herstellung von Pu(IV) wurden exploriert, wobei die UV/VIS-Spektroskopie und Extraktionen mit TTA zum Einsatz kamen. Zur Zeit laufen Experimente zum Redoxverhalten von Pu(VI) in Anwesenheit von Aldrich-Huminsäure (Uni Mainz).

Die Protonenaustauschkapazität (PEC) einer gereinigten Aldrich-Huminsäure wurde unter Variation der Ionenstärke, der Grundelektrolyte, des pH-Wertes und der Einwirkungszeit in alkalischer Lösung bestimmt. Es wurden Untersuchungen zur Komplexbildung von Pb, Cd und Zn mit synthetischer Huminsäure begonnen. Mit Hilfe der Stripping Analyse wurden der Einfluss der Konkurrenzkomplexierung durch Al und Ca im System Pb/Huminsäure studiert (Uni Saarbrücken).

#### 4. Ergebnisse

Für Np(V) konnten bei höheren Metallionenkonzentrationen aus den Ultrafiltrationsexperimenten folgende LC-Werte bestimmt werden:  $LC_{pH8} = 0,31$  für M1 und  $LC_{pH8} = 0,135$  für M1b. Bei einem Verhältnis  $[NpO_2]_{tot} / [HA]_{tot} < 0,06$  resultiert ein Abflachen der Geraden in der üblichen Auftragung zur Bestimmung von LC, was auch bei Aldrich-Huminsäure beobachtet wurde, jedoch bei einem noch geringeren Wert. Durch mehrfaches Abrauchen mit  $HClO_4$  resultiert bei höheren Metallionenkonzentrationen Pu(VI); in 1 M  $HClO_4$  ist diese Oxidationsstufe über mehrere Wochen stabil (Uni Mainz).

Mit steigender Ionenstärke und mit steigendem Anfangs-pH-Wert nimmt die PEC zu. Eine Veränderung der PEC von Aldrich-Huminsäure in alkalischer Lösung wurde über 2,5 Monate nicht beobachtet. Die Komplexbildungskonstanten von Pb mit synthetischer Huminsäure (phenolische Gruppen blockiert) und Aldrich-Huminsäure betragen  $\log K = 4,5 \pm 0,2$  bzw.  $5,3 \pm 0,2$ . Für Cd und Zn ergeben sich hingegen keine Unterschiede. Blei wird bei einem sehr starken Überschuss von Fremdkationen durch Huminsäure noch gebunden. Mit steigender Konzentration an Ca nähert sich die gebundene Menge an Pb einem Grenzwert (Uni Saarbrücken).

#### 5. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten zur Kinetik der Humatkomplexierung von Np und zur Herstellung von stabilen vierwertigen Lösungen des Np und Pu sollen weitergeführt werden, wobei für die letzteren Arbeiten eine Inertgas-Handschuhbox installiert wird. Das Redoxverhalten von Pu(VI) und Pu(IV) in Aldrich-Huminsäurelösungen wird detaillierter untersucht. Zur Analyse der verschiedenen Oxidationszustände des Pu soll ein Kapillarelektrophoresesystem mit einem  $\alpha$ -sensitiven Detektor aufgebaut werden (Uni Mainz).

Um Aussagen treffen zu können, welche funktionellen Gruppen zur Komplexbildung beitragen, sollen Versuche mit synthetischen Huminsäure ohne und mit blockierten funktionellen Gruppen gemacht werden. Bei den Experimenten zur Konkurrenzkomplexierung mit Al und Ca soll der Einfluss der Kinetik und die Abhängigkeit von verschiedenen geochemischen Parametern studiert werden. Die durch Ultrafiltration erhaltenen Huminsäure-Fractionen sollen im Hinblick auf Komplexierungsverhalten, PEC etc. weiter untersucht werden (Uni Saarbrücken).

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

keine

#### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Montavon, G., Mansel, A., Seibert, A., Keller, H., Kratz, J.V., Trautmann, N., *Radiochimica Acta* 88, 17 (2000)

<b>Zuwendungsempfänger:</b> TU Bergakademie Freiberg, Akademiestraße 6, 09596 Freiberg		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9319</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Erweiterung der Datenbasis zur thermodynamischen Modellierung der Reaktionen CaSO <sub>4</sub> -haltiger Minerale und des Glaserits bei Temperaturen bis 200°C		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.2000 bis 31.12.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 190.800,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Voigt	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Gesamtziel des Vorhabens besteht darin, die thermodynamische Datenbasis des hexären Systems der ozeanischen Salze dahingehend zu erweitern, dass bis zu Temperaturen von 200°C die Löse- und Mineralbildungsprozesse zuverlässig beschrieben bzw. für beliebige Szenarien simuliert werden können. Mit den bisher verfügbaren Datenbasen ist dies nur eingeschränkt möglich.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1: Analytische Methodik
- AP 2: Anhydritlöslichkeit bei sehr hohen NaCl-Konzentrationen
- AP 3: Syngenit- und Gorgeyitlöslichkeit
- AP 4: Glauberitlöslichkeit
- AP 5: Glaseritlöslichkeit und -stöchiometrie
- AP 6: Modellierung des hexären Systems

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Es wurden die Arbeitspakete 1 und 2 abgeschlossen.

AP1: Zur Ermittlung der geforderten Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der komplexometrischen Calciumbestimmung wurden Testanalysen bei  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentrationen von 0,002 - 0,030 molal und gleichzeitig hoher NaCl-Konzentration von 4 molal bis zur Sättigung durchgeführt. Die erforderlichen Genauigkeiten von  $\pm 2 \%$  konnten für  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentrationen von 0,01 - 0,03 molal erreicht werden. Zusätzlich wurde die Ionenchromatographie zur Bestimmung des Sulfatgehaltes getestet und für geeignet befunden. Mit obigen Testanalysen wurde eine Genauigkeit von  $\pm 2 \%$   $\text{SO}_4^{2-}$  für alle untersuchten Konzentrationen erreicht.

AP2: Zur Untersuchung der Anhydritlöslichkeit in konz. NaCl-Lösung wurden bodenkörperhaltige Lösungen in mit PTFE-Bechern ausgekleideten Ti-Pd-Autoklaven in einem Metallblockthermostaten 1-2 Wochen gerührt. Anschließend wurden die Bodenkörper von der Lösung mittels Hochtemperaturzentrifuge voneinander getrennt und die Lösung analysiert.

### 4. Ergebnisse

Es wurden die Anhydritlöslichkeiten in konzentrierter NaCl-Lösung (4 molal bis zur Sättigung) bei 100°C, 150°C und 200°C bestimmt. Ein Vergleich mit einer Vielzahl von Literaturdaten zeigt eine Übereinstimmung mit den Daten von BLOUNT. Die Werte von MARSHALL et. al und BLOCK liegen systematisch zu hoch.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Wie im Programm vorgesehen werden Untersuchungen zur Löslichkeit von Syngenit, Gorgeyit (AP3) und Glauberit (AP4) durchgeführt und die analytischen Methoden entsprechend adaptiert. Es wird mit der Einarbeitung der analytischen Ergebnisse aus AP2 in das thermodynamische Modell begonnen.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> IIF e.V., Permoserstraße 15, 04318 Leipzig		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9329</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Komplexierung und Migration von Al, Ga, In, Sc, Y, La und Schwermetallen mit Huminsäure		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.2000 bis 31.12.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 500.000,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Kupsch	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Gegenstand des Vorhabens ist die Vermessung der Komplexierung und Sorption von Actiniden in Wechselwirkung mit freien und oberflächengebundenen Huminkolloiden unter geogenen Bedingungen. Dazu werden Lanthan, Europium und Terbium als Analogtracer für die Actiniden eingesetzt und natürliche, radiochemisch markierte Huminsäuren (Aldrich und Carlsfeld) verwendet. Der Schwerpunkt liegt auf der Untersuchung des Einflusses von drei- und vierwertigen Konkurrenzэлектроlyten wie Aluminium und Zirkonium. In Verbindung mit Speziationsuntersuchungen in der wässrigen Phase werden die Konkurrenzreaktionen an den Oberflächendepositen mit radioanalytischen Methoden erfasst und kinetische Abhängigkeiten bestimmt. Die Untersuchungen dienen der Beurteilung des Ausbreitungsverhaltens radioaktiver Stoffe in geochemischen Systemen im Hinblick auf die Langzeitsicherheit von Endlagern. Das Projekt wurde ergänzend in das Gesamtvorhaben „Untersuchungen über das Komplexierungsverhalten von Huminsäuren und deren Einfluss auf die Migration von radioaktiven und nichtradioaktiven Stoffen“ aufgenommen. Folgende Einrichtungen sind beteiligt:

- Forschungszentrum Rossendorf e.V., Institut für Radiochemie
- Universität des Saarlandes, Fachrichtung Anorganische und Analytische Chemie und Radiochemie
- Universität Mainz, Institut für Kernchemie
- Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Institut für Nukleare Entsorgungstechnik

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Beprobung und Präparation der natürlichen Huminsäuren
- Charakterisierung und Vergleich der Huminsäuren Aldrich / Carlsfeld (Literatur und ergänzende Experimente)
- Vergleichende Studien an den Huminsäuren zur Komplexbildung mit Lanthan, Europium, Terbium als Analogtracer der Actiniden in der wässrigen Phase unter geochemisch relevanten Konkurrenzbedingungen (organische und anorganische Liganden, Hydroxospezies)
- Vermessung von Konkurrenzreaktionen der starken Elektrolyte (Aluminium, Zirkonium; Analogtracer: Indium, Scandium) zur Komplexbildung und Sorption der Huminsäuren
- Säulen- und Batchversuche zur Bestimmung der Sorptionsparameter

- Vermessung der reversiblen und irreversiblen Vorgänge der Sorption und Filtration mittels radioanalytischer Methoden (Doppelmarkierung):
  - (a) direkte Messung der reversiblen und irreversiblen Kolloid-Matrix-Wechselwirkungen
  - (b) direkte Messung der Desorptionsprozesse der Schadstoffe von Kolloiden mit anschließender Sorption an die Matrix
  - (c) direkte Messung der irreversiblen Filtration an der Matrix

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- Literaturrecherchen zur Humatkomplexbildung und Sorption von Lanthaniden und Actiniden
- Beprobung und präparative Isolierung von aquatischen Huminsäuren im Gramm-Maßstab auf der Grundlage der Vorschrift der IHSS (Hochmoor „Kleiner Kranichsee“, Carlsfeld)
- Beginn der Untersuchungen zum Sorptionsverhalten der Metallionen an unbeladenem Seesand (Merck) bei Variation von pH-Wert und Ionenstärke (Batchversuche im ppm-Bereich)
- Methodische Voruntersuchungen zur Messung der Sorption von Huminsäuren an Seesand (UV-VIS-Spektroskopie, DOC-Analytik, <sup>131</sup>I-Markierung durch elektrophile Substitution)

### 4. Ergebnisse

keine

### 5. Geplante Weiterarbeiten

- Charakterisierung und Vergleich der Huminsäuren Aldrich / Carlsfeld (C-, H-, O-, N-, S-Gehalt, Metallbeladung, Molekülgrößenverteilung, Octanol-Wasser-Verteilung, Mobilität, isoelektrischer Punkt)
- Fortsetzung der Metallsorptionsversuche, auch im ppb-Bereich
- Statische und dynamische Metallsorptionsversuche an huminsäurebeladenem Sand bei Variation von pH-Wert und Ionenstärke
- Vermessung der reversiblen und irreversiblen Kolloid-Matrix-Wechselwirkungen unter Zuhilfenahme von Markierungstechniken (statische und dynamische Sorptionsversuche mit Huminsäuren an unbeladenem und beladenem Sand bei Variation von pH-Wert und Ionenstärke)
- Beginn der Untersuchungen zur Komplexbildung von Lanthan, Europium, Terbium mit den Huminsäuren (Aldrich, Carlsfeld) in der wässrigen Phase

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> TU-BAF, Akademiestraße 6, 09596 Freiberg		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9330</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.05.2000 bis 30.04.2003	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.05.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 364.980,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Voigt	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Hauptziel des Vorhabens ist es, anhand von Laboruntersuchungen die Kenndaten für die Modellierung der Ausbreitungsvorgänge bei der Einlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle zu erarbeiten. An der TU-BAF werden dabei folgende Teilziele verfolgt:

- Einfluss der Kopplung von Druck und Temperatur auf das Durchlässigkeitsverhalten
- Auswertung u. Aufstellung eines geeigneten Modells zur Beschreibung der gekoppelten Temperatur- u. Druckabhängigkeit der NaCl-Löslichkeit und Erstellung einer kinetischen Gleichung für den Stofftransport
- Quantifizierung des Einflusses HAW- u. DE-typischer Temperatur- u. Druckverhältnisse auf das Durchlässigkeitsverhalten von Steinsalz u. kompaktiertem Versatzmaterial

Dieses Vorhaben wird im Verbund mit der BATTELLE Ingenieurtechnik GmbH und der TU Darmstadt bearbeitet.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die TU Bergakademie Freiberg bearbeitet folgende Teilthemen:

- AP 1 Beschaffung, Herstellung von Probekörpern
- AP 5 Untersuchung der Einflüsse von Druck u. Temperatur auf Umlöseprozesse am NaCl-Einzelkristall
- AP 7 Modellierung der untersuchten Phänomene
- AP 8 Auswertung u. Bewertung der Untersuchungsergebnisse

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

- Nochmalige Literaturrecherche zur Druckabhängigkeit der NaCl-Löslichkeit
- Nachberechnung der in der Literatur verfügbaren thermodynamischen Modelle hinsichtlich Temperatur- u. Druckabhängigkeit der NaCl-Löslichkeit

### **4. Ergebnisse**

- Bestätigung, dass keine direkten Messungen zur Druckabhängigkeit der NaCl-Löslichkeit vorliegen
- Das vorliegende Modell ist mit ca. 200 Parametern sehr komplex, numerisch störanfällig und für die Berechnung der kleinen Effekte in der Druckabhängigkeit der NaCl-Löslichkeit sehr unsicher

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

- Erstellung einer Messkonzeption und Vorbereitungen zum Aufbau einer Apparatur zur Untersuchung der Einflüsse von Druck u. Temperatur auf Umlöseprozesse am NaCl-Einzelkristall (AP 5)

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

keine

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

keine



<b>Auftragnehmer:</b> Battelle Ingenieurtechnik, Am Römerhof 35, 60486 Frankfurt		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9340</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.05.2000 bis 30.04.2003	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.05.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.727.898,88 DM	<b>Projektleiter:</b> Dipl.-Ing. Fröhlich	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Bereitstellung von Durchlässigkeitskennwerten für die Modellierung von Ausbreitungsvorgängen bei der Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle

- Bereitstellung und Entwicklung geeigneter Apparaturen und einer geeigneten Messtechnik zur Bestimmung der Permeabilität bei Temperaturen bis 150 °C
- Untersuchung und Quantifizierung der Einflüsse der chemischen Reaktionen zwischen Lauge und Salz sowie der Löslichkeiten und Umkristallisation auf das Durchlässigkeitsverhalten von kompaktiertem Salzgrus
- Quantifizierung der Abhängigkeit des zeitlichen Permeabilitätsverhaltens von der chemischen Zusammensetzung des Salzes und der Lauge

Durchführung als Kooperationsvorhaben mit der TU Bergakademie in Freiberg.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Modifizierung und Erweiterung der vorhandenen Versuchsapparaturen zur Messung der Durchlässigkeit von Salzgrus gegenüber Laugen bei Temperaturen von bis zu 150 °C
- Test neuer Messmethoden zur Bestimmung der Durchlässigkeit bei diesen Temperaturen
- Entwicklung einer visuellen Methode zur Beobachtung und Bewertung der Umlöse- und Rekrystallisationsvorgänge
- Untersuchung des Durchlässigkeitsverhaltens von Steinsalz gegenüber Laugen bei hohen Temperaturen

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

- Auswahl und Bestellungen von Komponenten für die Versuchsapparaturen
- Beginn mit dem Umbau und der Ertüchtigung der Versuchseinrichtungen für die Durchlässigkeitsuntersuchungen bei Temperaturen von bis zu 150 °C

### **4. Ergebnisse**

liegen noch keine vor

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

- Beschaffung und Test der Volumenstrommesstechnik
- Inbetriebnahme und Test der Versuchsapparatur
- Beschaffung und Herstellung von Probekörpern
- Durchführung von Permeabilitätsmessungen mit heißem Gas

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

keine

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

keine

<b>Auftragnehmer:</b> Gruppe Ökologie, Kleine Düwelstraße 21, 30171 Hannover	<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9350</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Vergleichende Bewertung von Entsorgungsoptionen für radioaktive Abfälle	
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.05.2000 bis 31.12.2000	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.05.2000 bis 30.06.2000
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 135.551,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dipl. Geol. Kreusch

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Bei der aktuellen Diskussion über verschiedene Alternativen zur möglichen Entsorgung radioaktiver Abfälle durch deren baldige Endlagerung, insbesondere Endlagerung mit Rückholbarkeit der Abfälle und Langzeit-Zwischenlagerung, stehen häufig isolierte Einzelaspekte im Vordergrund. Eine umfassende Bewertung der verschiedenen Entsorgungsoptionen im Hinblick auf ihre tatsächlichen Vor- und Nachteile ist bisher nicht vorgenommen worden.

Deshalb sollen die für die verschiedenen Entsorgungsoptionen genannten Argumente überprüft und die Optionen einer vergleichenden qualitativen Bewertung unterzogen werden. Aus dem Ergebnis sind mögliche Konsequenzen für das zukünftige entsorgungsstrategische Vorgehen in Deutschland abzuleiten.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Paket 1:

Darstellung der Entwicklung und des Standes der Diskussion bzw. Umsetzung der wichtigsten Entsorgungsoptionen in ausgewählten Staaten. Dabei Prüfung der für die jeweilige Option angeführten Argumente.

Paket 2:

Vergleichende Bewertung der Entsorgungsoptionen. Hierzu werden zunächst die Bewertungsgrundlagen erarbeitet. Dann ist diejenige Entsorgungsoption zu identifizieren, welche den jeweiligen übergeordneten entsorgungsstrategischen Zielvorgaben am nächsten kommt.

Paket 3:

Anhand der Ergebnisse der Pakete 1 und 2 sind die entsorgungsstrategischen Konsequenzen für Deutschland zu identifizieren, und gegebenenfalls sind Vorschläge für das weitere Vorgehen bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle zu formulieren.

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

- Beschaffung von umfassenden Informationen zum Diskussionsstand verschiedener Entsorgungsstrategien in den ausgewählten Staaten.
- Identifizierung der wesentlichen entsorgungsstrategischen Argumentationsstränge.

### **4. Ergebnisse**

keine

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

- Prüfung der für die Entsorgungsoptionen angeführten Argumente.
- Erarbeitung der methodischen Grundlagen für die vergleichende Bewertung.
- Durchführung der vergleichenden Bewertung und Ableitung von Konsequenzen.

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

keine

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

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> TU München, Arcisstraße 21, 80290 München		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9360</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Einfluss von Kolloiden auf die Migration von Actiniden		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.06.2000 bis 31.05.2003	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.06.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.040.800,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Frau Dr. Kim	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist die Aufklärung von Bildungsmechanismen, Stabilität und Transport von Kolloiden, die die Ausbreitung von Actiniden im Nah- und Fernfeld eines Endlagers mitbestimmen können. Aufbauend auf den experimentellen Ergebnissen erfolgt die Quantifizierung und modellmäßige Beschreibung der kolloidgetragenen Actinidmigration. Das Forschungsprojekt wird in Kooperation und mit Unterstützung des Instituts für Nukleare Entsorgungstechnik des Forschungszentrums Karlsruhe (FZK-INE) durchgeführt.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP(I): Untersuchung der Bedingungen für die Bildung und Stabilität von Kolloiden

AP(II): Untersuchung der Wechselwirkung von Actiniden mit Kolloiden

AP(III): Studie des Migrationsverhaltens von Actiniden in kolloidalem Zustand

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

- (1): Literaturstudium zur Erarbeitung eines Konzepts für die praktische Umsetzung der Vorhabensziele AP(I) bzw. AP(II);
- (2): Laboraufbau für die technische Durchführung der geplanten Arbeiten
- (3): Beschaffung eines Titrationsstands bzw. einer Mikrowellenapparatur für die Bildung von Kolloiden durch Fällungsreaktionen bzw. durch Auslaugung unter hydrothermalen Bedingungen

### **4. Ergebnisse**

Im Berichtszeitraum von einem Monat sind die Grundlagen für die Durchführung der praktischen Arbeiten geschaffen.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

- AP(I): Bildung, Quantifizierung und Charakterisierung von Grundwasserkolloiden:  
Am Beispiel von synthetischen Tonkolloiden werden die Parameter die den Bildungsvorgang (heterogene Nukleation und Dispersion) sowie die Stabilität von Kolloiden beeinflussen, untersucht;
- AP(II): Wechselwirkung von Actiniden mit Grundwasserkolloiden:  
Am Beispiel von Am- und Pu-Tonkolloiden werden die relativen Anteile von reversiblen und irreversiblen Actinid-Kolloid-Bindungen durch Oberflächensorptions- bzw. Inkorporationsreaktionen bestimmt.

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

keine

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

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Universität Stuttgart, Keplerstraße 7, 70550 Stuttgart		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9370</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Weiterentwicklung von Simulationstechniken für Gas-Wasser-Prozesse in geklüftet-porösen Medien auf der Feldskala		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.06.2000 bis 31.05.2003	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.06.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 795.680,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr.-Ing. Helmig	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollen konstitutive Beziehungen für geklüftet poröse Medien weiterentwickelt werden. Zunächst wird die Rauigkeit von Einzelklüften mit für die konstitutiven Beziehungen verwertbaren Parametern erfasst. Darauf aufbauend werden geostatistische Verfahren für die Aufbereitung von Messdaten und Methoden der schwedischen Partner in die Modellbildung integriert. Um bei der anschließenden Modellierung von Zweiphasen-Strömungen den Übergang Kluft-Matrix abzubilden, ist es notwendig, ein bestehendes Diskretisierungsverfahren um adaptive Methoden zu erweitern. Anschließend sollen Einzelklüfte unter Einbeziehung der neu entwickelten konstitutiven Beziehungen in das Kluft-Matrix-System eingebunden werden. Mit dem Übergang zu kleinräumigen Kluft-Matrix-Systemen ist geplant, die neu formulierten Upscaling-Ansätze zu überprüfen. Gemeinsam mit Herrn Jerker Jarsjö von der Division of Water Resources Engineering, KTH Stockholm, und der SKB wird ein Feldfall aufgebaut und ausgewertet. Anhand dieses Feldfalls können relevante Daten und Prozesse identifiziert werden. Begleitend dazu sollen entkoppelte Lösungsverfahren und eine gemischte FE-FV-Formulierung zur Reduktion der umfangreichen Rechenzeiten weiterentwickelt werden.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Untersuchung von Einzelklüften im Hinblick auf Ausgasungsprozesse und konstitutive Beziehungen
2. Entwicklung von Upscalingkonzepten zur Übertragung der konstitutiven Beziehungen
3. Einbindung geostatistischer Verfahren in die Modellierung von Kluftnetzwerken
4. Verbesserung der numerischen Methoden zur Berechnung von Systemen auf der Feldskala
5. Aufbau eines Modells auf der Feldskala
6. Dokumentation der Ergebnisse

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

Bislang durchgeführte Arbeiten:

1. Das Zwei-Phasen-Zwei-Komponenten-Modell wurde um den Phasenzustand „WATER\_PHASE“ erweitert. Erste Simulationen grundsätzlicher Art wurden bzgl. des Phasenwechsels vom Phasenzustand „BOTH\_PHASES“ zum Phasenzustand „WATER“ durchgeführt.
2. Das Programmpaket MUFTE\_UG wurde erweitert, so dass Datenfelder zur Erfassung von Kluftrauhigkeiten eingelesen werden können.
3. Es wurden erste Simulationen mit abgeschätzten Kluftrauhigkeiten für Einzelklüfte basierend auf den von den schwedischen Partnern veröffentlichten Daten durchgeführt.

### **4. Ergebnisse**

Die mit den von den schwedischen Partnern Datensätzen durchgeführten Simulationen zeigen deutlich die Wichtigkeit der Erfassung der Kluftrauhigkeiten im Hinblick auf Aussagen über das Migrationsverhalten von Gas in Kluft-Matrix-Systemen.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Es sollen weitere Simulationen erfolgen, um die Simulation des Ausgasungsverhaltens mit experimentellen Daten vergleichen zu können.

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

keine

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

Bastian, P.; Chen, Z.; Ewing, R.E.; Helmig, R.; Jakobs, H.; Reichenberger, V.: Numerical Simulation of Multiphase Flow in Fractured Porous Media, in: Lecture Notes in Physics, Springer Verlag (in Druck)

Jakobs, H.; Helmig, R.; Reichenberger, V.; Bastian, P.: Multiphase Multicomponent Processes in Fractured Porous Media, Eigenverlag des IWS (in Druck)



<b>Zuwendungsempfänger:</b> IIF e.V., Permoserstraße 15, 04318 Leipzig		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 E 9380</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Migrations- und Sorptionsuntersuchungen geogener Lösungen in Wirtsgesteinsformationen (Tone, Tongestein, Salzgestein) mittels tomographischer Radiotracerverfahren (PET)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.06.2000 bis 31.05.2003	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.06.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 821.837,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Richter	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Verfahren der Positronen-Emissions-Tomographie soll erstmals für räumlich aufgelöste Messungen von Transportprozessen in unterschiedlichen Wirtsgesteinen (Tone, Tongestein, Salzgestein) genutzt werden. Die bisher eingesetzten tomographischen Verfahren liefern im allgemeinen nur Informationen zur Porenstruktur der Feststoffmatrix, während PET eine direkte Beobachtung der Advektions- und Diffusionsprozesse im Inneren der Probe ermöglicht. Für die Untersuchungen steht ein neuentwickelter PET-Scanner (GEO-PET) zur Verfügung. Durch Markierung mit verschiedenen Isotopen (Co-58, Cu-64, Br-76, F-18) werden mit wässrigen Lösungen variabler Zusammensetzung der lokale Fluidtransport und die Migration von Schwermetallen im Spurenkonzentrationsbereich in den Zonen erhöhter Permeabilität ( $>1E-20$  m<sup>2</sup>) in einem speziellen, für Radiotracerexperimente ausgelegten Versuchsstand (max. Fluiddruck bis 100 bar) untersucht.

Ziel ist es, genauere Kenntnisse zum Einfluss der Struktur auf den Transport in Wirtsgesteinen und damit genauere Daten zur Modellierung des Langzeitverhaltens zu gewinnen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Auswahl der optimalen Tracerisotope (Positronenstrahler) und der Tracerverbindungen
- AP2: Konfiguration des PET-Scanners und Optimierung des Messprogramms bezüglich der Probenspezifik
- AP3: Entwicklung des Bildrekonstruktionsverfahrens unter Berücksichtigung der Probenspezifik
- AP4: Entwicklung und Bau der Hochdruckversuchsapparatur
- AP5: Räumlich-zeitliche Untersuchungen zum Einfluss der Strukturinhomogenitäten auf den Transport in Tonen und Tongestein bei unterschiedlicher Lösungskonzentration

- AP6: Untersuchungen zur Veränderung der Gefügestrukturen und Transportwege in Tonen und Tongestein während des Lösungsports
- AP7: Räumlich-zeitliche Untersuchungen zum Einfluss der Strukturinhomogenitäten auf den Transport in Salzgestein bei unterschiedlicher Lösungskonzentration
- AP8: Interpretation der Untersuchungsergebnisse in Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern unter dem Aspekt der Weiterentwicklung der Rechencodes für die Sicherheitsanalyse

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

- Auswahl von Co-58 als erstes Tracerisotop
- Erarbeitung der Konzeption für die Herstellung des Isotops (Ni-58 (n,p)-Kernreaktion) und für die chemische Abtrennung vom Ni-Target
- Erarbeitung der Synthesvorschrift für die Tracerverbindung
- Konzeptionelle Arbeiten zum Aufbau der Hochdruckversuchsapparatur

### **4. Ergebnisse**

Ergebnisse liegen noch keine vor

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

- Erprobung der Verfahren zur Erzeugung und Abtrennung des Tracerisotops und zur Herstellung der Tracerverbindung
- Batchexperimente zum Tracerverhalten
- Eichexperimente am GEO-PET
- Aufbau der Versuchsapparatur
- Entwicklung des Bildrekonstruktionsverfahrens

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

keine

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

keine



## **2.2 C-Vorhaben**

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Universitätsplatz 2, 39016 Magdeburg		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 C 0486</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Grundlagenuntersuchungen zum Dickstoffverfahren mit chemisch/toxischen Abfällen, insbesondere MVA-Filteraschen, im Salinar		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.1997 bis 30.04.2000	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.04.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 775.000,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Kecke	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Dickstoffverfahren mit (schwermetallbelasteten) MVA-Filteraschen und bergbaueigenen Reststoffen weist Vorzüge für die untertägige Einbringung solcher Stoffe im Salinar auf (staubfreier Transport, restwasserfreies Abbinden, resthohlraumfreie Einbringung, ggf. Einbinden weiterer Abfälle, Einstellbarkeit der bodenmechanischen Eigenschaften). Um diese universell nutzen zu können, müssen die Grundlagen für das Fließ- und Verfestigungsverhalten bekannt sein, insbesondere angesichts der Schwankungsbreite in den Spezifikationen der Filteraschen.

Das Vorhaben umfasst die Charakterisierung der Ausgangsstoffe mit der Aufklärung ihrer Entstehung. Untersuchungen der Stoffumsetzungsvorgänge im Dickstoff zur Aufklärung des Einflusses der Komponenten auf die Produkteigenschaften (Fließ- und Verfestigungsverhalten, Festigkeit) sowie Untersuchungen zum Auslaugverhalten und der Einbindung weiterer Abfälle. Ziel sind allgemeine Grundsätze für Dickstoffrezepturen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1: Erfassung und Charakterisierung der Rückstände aus der Rauchgasreinigung von MVA
- AP 2: Rheologische Eigenschaften, Fließ- und Ausbreitungsverhalten
- AP 3: Kinetik der Verfestigungsprozesse  
(Mitwirkung/FE-Auftrag an Institut für Baustoff- und Umweltschutztechnologie GmbH, Weimar)
- AP 4: Eigenschaften des verfestigten Materials
- AP 5: In-situ-Untersuchungen/Verifizierung der theoretischen und experimentellen Ergebnisse  
(Mitwirkung/FE-Auftrag an Kali und Salz Entsorgung GmbH, Kassel)

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Abschließende, ergänzende Untersuchungen:

- AP 1: Systematische Aufbereitung der ermittelten Stoffeigenschaften der anfallenden Stäube bei der Müllverbrennung;
- AP 2: Untersuchung des Fließverhaltens homogener Suspensionen mit Zusatz einer grobdispersen Phase (Veröffentlichung vorbereitet);
- AP 3: Auswertung der durchgeführten Phasenermittlungen der Stäube und Verfestigungsprodukte im Hinblick auf die Bedingungen für eine Verfestigung bzw. einzusetzende Bindemittel;
- AP 4: Systematisierung der experimentell ermittelten Abhängigkeiten für eine Verfestigung sowie der Eigenschaften des verfestigten Materials, Erarbeitung des Teilberichtes;
- AP 5: Versuchsdurchführung an einer Pilotanlage in den Hohlräumen eines Salzbergwerkes (untertägige Einbringung), Vergleich mit den Ergebnissen der Laboruntersuchungen.

### 4. Ergebnisse

Die Untersuchungen wurden im Berichtszeitraum abgeschlossen. Es wurden Ergebnisse erreicht, die in Übereinstimmung mit der Zielstellung des Vorhabens stehen.

Herausgearbeitet wurde insbesondere die unterschiedliche Zusammensetzung der Stäube (Kesselstäube, Reaktionsprodukte, Filterstäube) und damit in der Folge ein unterschiedliches Verhalten beim hydraulischen Transport sowie der möglichen Verfestigung.

Für die einzelnen Kategorien der Stäube wurden die für die Technologie der untertägigen Einbringung erforderlichen Daten und Bedingungen ermittelt und systematisch aufbereitet.

Somit liegt mit dem Abschluss des Vorhabens eine umfassende Dokumentation für den Einsatz von Stäuben von Müllverbrennungsanlagen für die untertägige Entsorgung bzw. die Stabilisierung untertägiger Hohlräume vor.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Abschließende Bearbeitung des Berichtes

Vorbereitung von Veröffentlichungen

- Int. Konferenz „Hydromechanisation 11“
- Kolloquium an Univ. Miskolc
- Veröffentlichung in CIT (s. AP 2)

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Richter, A.: Schwermetalle in den Rauchgasreinigungsprodukten von Müllverbrennungsanlagen; Diss. Univ. Magdeburg, Februar 2000

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Kali+Salz, Friedrich-Ebert-Str. 160, 34119 Kassel		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0516</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Schachtverschlüsse für untertägige Deponien in Salzbergwerken -Forschungsvorhaben Schachtverschluss Salzdetfurth Schacht SA II-		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.08.1997 bis 30.09.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 13.299.913,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Breidung	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Gesamtziele des Vorhabens sind die Entwicklung eines Grundkonzeptes, Bau und Test von Elementen für Schachtverschlussbauwerke nach der TA Abfall für Untertagedeponien (UTD's) im Salinar. Aufbauend auf diesem Konzept können künftige Schachtverschlüsse realisiert werden, die dann bei Gebirgsdruckeinwirkungen und hohen Belastungen durch saline Lösungen über längere Zeiträume hinweg stabil, dicht und wartungsfrei sind. Diese Schachtverschlussysteme müssen geeignet sein, den Ablagerungsbereich einer UTD hinreichend wirksam gegenüber der Biosphäre zu verschließen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

### **AP 1 Vorbereitung, Konzeptentwicklung und Projektabwicklung**

AS 1.1 Vorbereitung

AS 1.2 Planung

AS 1.3 Projektabwicklung

### **AP 2 Bestandsaufnahme und Voruntersuchungen**

AS 2.1 Bestandsaufnahme Schächte SA I und SA II

AS 2.2 Voruntersuchungen im Schacht SA II

### **AP 3 Voruntersuchungen zur Schottersäule**

AP 3.1 Labor- und halbtechnische Versuche

AP 3.2 Vorversuche Schottersäule SA I

AP 3.3 Einbau und Überwachung der Schottersäule in SA II

### **AP 4 Untersuchungen zum Dichtelement**

AP 4.1 Technikumsversuche Freiberg

AP 4.2 Einbau und Überwachung des Dichtelementes im Bohrschacht

### **AP 5 Numerische Modelle**

AS 5.1 Geotechnisches Modell

AS 5.2 Hydraulische Modellrechnung

AS 5.3 Langzeitsicherheitsbetrachtungen

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- AP1 - Laufende Projektbegleitung mit Kostenauswertung zum Stand des Projektes.  
Aufstockungsantrag für Konzept „Bohrschacht“ beim BMBF genehmigt  
Erstellen von Betriebsplänen zu aktuellen Projektaktivitäten
- AP2 - Fortführung von Konvergenz- und Temperaturmessungen bis zum Ende der Projektlaufzeit
- AP3 - Einbau der Messinstrumente für die Untersuchung zur Schottersäule SA II  
Schotterbefüllung im Füllortbereich 774m-Sohle und Fortsetzung der Messungen
- AP4 - Konzept zum Einbau von Bentonit und der Messinstrumente im Bohrschacht  
Konzept zur Versuchsdurchführung (Druckbeaufschlagung)  
Untersuchung der Eignung der Thetasonde zur quantitativen Feuchteerfassung  
Einbau und Qualitätsüberwachung der Messsysteme für den Bohrschachtversuch  
Betonieren des Fundamentes für die Stahlstütze (unteres Widerlager)  
Montage der Stahlstütze (unteres Widerlager)  
Eignungsuntersuchungen, Einbau und Qualitätsüberwachung von Bentonit in den erforderlichen Körnungen im unteren und oberen Dichtelement  
Einbau von Schotter, Kies und Sand in den erforderlichen Körnungen in der Druckkammer  
Einbau der geoelektrischen Instrumentierung am Bohrschacht  
Montage der Druckbeaufschlagungsanlage
- AP5 - Numerische und analytische silotheoretische Berechnungen zur Verfüllsäule aus Schotter  
Festlegung der Modellansätze für die hydraulische und mechanische Modellierung, sowie der Kopplung beider Modelle. Vereinheitlichung der verwendeten Stoffgesetze und Referenzparameter basierend auf den aktuellen Materialuntersuchungen.

### 4. Ergebnisse

- AP4 - Messkonzept für die Untersuchungen im Bohrschacht  
Ausführungsplanung der Setzungsmesseinrichtung im Bohrschacht  
Nachweis der Eignung des Versuchs- und Messkonzeptes für den Bohrschachtversuch  
Modellrechnungen zur Messgenauigkeit der geoelektrischen Messeinrichtung  
Mechanische und hydraulische Prognoserechnungen des Versuchsablaufes im Bohrschacht zur Bestätigung des Messkonzeptes
- AP5 - Berechnungen zum Dichtelement  
Gebirgsmechanische Berechnung Langzeitsicherheit  
Schachtverschlussbauwerk.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

- AP3 - Abschlussbericht zu den Vorversuchen Schottersäule Schacht SA I  
Weitere Verfüllung, Einbau, Instrumentierung und Datenerfassung Schottersäule SA II
- AP4 - Weitere Verfüllung, Instrumentierung und Widerlagerherstellung des Bohrschachtes  
Fertigstellung der Druckbeaufschlagungsanlage  
Druckbeaufschlagung des Bohrschachtes mit Messwerterfassung und -auswertung  
Nullmessung mit Geoelektrikketten und dreidimensionale Modellierung
- AP5 - Weiterführende hydraulische und gebirgsmechanische Modellrechnungen

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

keine



<b>Zuwendungsempfänger:</b> TU-BAF, Akademiestr. 6, 09596 Freiberg		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0527</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> In-situ-Ermittlung von Strömungskennwerten natürlicher Salzgesteine in Auflockerungszonen gegenüber Gas und Salzlösungen unter den gegebenen Spannungsbedingungen im Gebirge		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1997 bis 31.01.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.240.660,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Häfner	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben hat als Ziele:

- die Entwicklung eines vertrauenswürdigen Verfahrens für In-situ-Durchlässigkeitsmessungen mit Gas und Salzlösungen, mit niedriger Messschwelle (Kammermethode),
- Durchlässigkeitsuntersuchungen an verschiedenen UTD-charakteristischen Standorten im Salinar mit Gas, dabei Untersuchung der Abhängigkeit von den geologischen Gegebenheiten, der Gebirgsspannung und der Vorgeschichte der Hohlräume
- Messungen in Gas und Salzlösung zur Korrelation der Gas- und Laugendurchlässigkeit.

Durchführung im Zusammenhang mit den Vorhaben „Langzeitstabile Streckenverschlussbauwerke“ des Institutes für Bergbau der TU Bergakademie Freiberg und „Akustische Verfahren zur zerstörungsfreien Beurteilung von Auflockerungszonen im Salinar“ der Fraunhofer-Einrichtung für Akustische Diagnostik und Qualitätssicherung Dresden.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP 1 Festlegung der Versuchsbedingungen, der Versuchsorte und Versuchsparameter

AP 2 Versuchs- und Messtechnik

AP 3 Theoretische Modelle

AP 4 Vorbereitung der Versuchsorte sowie der Versuchsdurchführung

AP 5 Durchführung der Messungen

AP 6 Ergebnisanalyse, Endauswertung

AP 7 Berichte

Erweiterung des Untersuchungsprogramms gegenüber der Planung um zusätzliche Durchführung der lt. Forderung des Dichtungsbauwerkerstellers notwendigen Dichtheitsuntersuchungen der Ortsbrust am Standort des Dichtungsbauwerks und am Standort eines Technikumsversuches.

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Untersuchungsprogramm entsprechend AP 1-7:

- Durchführung von Versuchen zur Bestimmung der Permeabilität im Bereich des Dichtelementes des Versuchsverschlussbauwerk nach Herausschneiden der Kontur
- Durchführung von FRAC-Untersuchungen mit Öl und mit Gas in der großflächig aufgefahrenen Strecke zur Bestimmung des Grundspannungszustandes
- Durchführung von Durchlässigkeitsuntersuchungen mit gesättigter Lauge in der Sohle der großflächig aufgefahrenen Strecke

### 4. Ergebnisse

- Die Permeabilität der Saumzone im Bereich des Dichtelementes (Nahe der Ortsbrust) zeigt sich nach dem Konturschnitt in horizontaler Richtung wie davor. In der Firste wurden vor dem Konturschnitt dichte Bereiche durchlässig und vorher durchlässige Bereiche noch durchlässiger. Betrachtet man jedoch die Permeabilität bei gleichem Abstand zur jeweils aktuellen Kontur, so sind die Permeabilitäten nach dem Schnitt um bis zu drei Zehnerpotenzen geringer.
- Die FRAC-Untersuchungen zeigen bei Fluiddrücken größer 120 bar Umströmungen im unmittelbaren Packerelementebereich, die noch nicht auf Rissbildungen durch den klassischen Frac zurückzuführen sind. Ein konstanter Ruhedruck nach einem Frac stellt sich in diesen Fällen auch nicht nach Unterschreiten der 120 bar ein. Eine Massenbilanzmethode, unter Verwendung der Ergebnisse von Vierfachpackerfracversuchen wird erprobt, um dennoch die minimale Hauptspannung ermitteln zu können.
- Die Untersuchungen mit gesättigter Laugen zeigen analog denen mit Gas eine Abnahme der Durchlässigkeit mit zunehmendem Abstand zur Kontur. Dies drückt sich in einer Abnahme des Laugenvolumenstroms bei Testen mit konstantem Laugendruck bzw. geringerem Druckabfall bei Druck-Puls-Testen aus.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

- Weitere Untersuchungen in der großflächig aufgefahrenen Strecke mit Lauge und deren Auswertung;
- Durchführung der FRAC-Versuche zur Bestimmung des Grundspannungszustandes nach der Massenbilanzmethode;
- Untersuchungen in der neuaufzufahrenden Strecke;
- Rechnerische Modellierung des Gebirgsbeanspruchungszustandes;

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Belohlavek, K.-U.; Häfner, F.; Behr, A.; Förster, S.; Pohl, A.:

„In-situ-Ermittlung von Strömungskennwerten natürlicher Salzgesteine in Auflockerungszonen gegenüber Gas und Salzlösungen unter den gegebenen Spannungsbedingungen im Gebirge“. Vortrag zum 2. Fachgespräch „Auflockerungszone“ am 09.05.2000 in Karlsruhe

<b>Zuwendungsempfänger:</b> FhG-München, Leonrodstraße 54, 80636 München		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0537</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entwicklung und In-situ-Test akustischer Verfahren zur zerstörungsfreien Beurteilung von Auflockerungszonen im Salinar		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1997 bis 31.01.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.132.021,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Kühnicke	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben hat die Entwicklung von aktiven Verfahren und den In-situ-Test von aktiven und passiven akustischen Verfahren zur zerstörungsfreien Charakterisierung des Auflockerungszustandes von Saumzonen vor und nach dem Einbau von Verschlussbauwerken zum Ziel. Schwerpunkte sind

- die Entwicklung einer aktiven akustischen Methode zur Charakterisierung des momentanen Auflockerungszustandes,
- der Vergleich des aktiven Verfahrens mit den Ergebnissen der Schallemissionsanalyse und den Permeabilitätswerten aus Packerversuchen,
- die Anwendung des aktiven und des passiven akustischen Verfahrens zur Beurteilung des Einbaortes eines Versuchsdammes bezüglich der Ausbildung von Auflockerungen und
- die Überwachung des Einflusses der Konvergenz des Gebirges und künstlicher Belastungen auf den Auflockerungszustand der Umgebung des eingebauten Versuchsdammes.

Das Vorhaben wird im Zusammenhang mit den Vorhaben der TU Bergakademie Freiberg „Entwicklung eines Grundkonzeptes für langzeitstabile Streckenverschlussbauwerke im Salinar, Bau und Test eines Versuchsverschlussbauwerkes unter realen Bedingungen“ und „In-situ-Ermittlung der Durchlässigkeit von Salzgestein in Auflockerungszonen gegenüber Salzlösungen und Gas unter den gegebenen Spannungsbedingungen im Gebirge“ durchgeführt.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Arbeitspunkt 1:* Modelluntersuchungen zur Ankopplung der Bohrlochsonden und der Wellenausbreitung in der gradienten Saumzone
- Arbeitspunkt 2:* Voruntersuchungen zur Auswahl der geeigneten aktiven Methoden (Entwicklung von Sensoren, Messsystemen und Auswertelgorithmen, Labortests)
- Arbeitspunkt 3:* Entwicklung des aktiven Verfahrens zur Anwendungsreife unter Tage (Test im Salzbergwerk)
- Arbeitspunkt 4:* Anwendung des aktiven Verfahrens zur Beobachtung der Auflockerungszone bei der Auffahrung einer Strecke und Vergleich mit den Ergebnissen des passiven Verfahrens und der Permeabilitätsmessungen
- Arbeitspunkt 5:* Anwendung des aktiven und passiven Verfahrens zur Langzeitüberwachung der Auflockerungszone während der Belastung eines Versuchs-Dammbauwerkes
- Arbeitspunkt 6:* Auswertung und Abschlussbericht

### 3. Durchgeführte Arbeiten

*Arbeitspunkt 1:* Im Berichtszeitraum keine Aktivitäten.

*Arbeitspunkt 2:* Untersuchungen im Labor wurden am Salzblock ausgeführt, um die Ankoppelung der Sensoren für Oberflächenwellen zu verbessern. Außerdem wurde die Richtcharakteristik der Sensoren für die passiven Methoden sowohl für longitudinale als auch für transversale Wellen vermessen.

*Arbeitspunkt 3:* Die Firste und der Stoß wurden am Ort des für den Einbau des Versuchsdamm-  
bauwerks herausgeschnittenen Profils (EU 1) in zwei Messkampagnen vermessen. Sowohl unter Anwendung von Raleighwellen als auch von Durchschallungsmessungen von Bohrloch zu Bohrloch wurde die Auflockerungszone bestimmt.

*Arbeitspunkte 4-5:* Im Berichtszeitraum keine Aktivitäten.

*Arbeitspunkt 6:* Konzeption, Bau und Erprobung der Messtechnik für die Überwachung des Versuchsdamm-  
bauwerks.

### 4. Ergebnisse

*Arbeitspunkt 2:* Die genauere Bestimmung der Richtcharakteristik der Ultraschallsensoren führt zu besseren Möglichkeiten und höherer Genauigkeit bei der Auswertung der Schallemissionsalgorithmen. Dies gilt besonders für die absolute Momententensorbestimmung. Die Ankoppelung der Sensoren für Oberflächenwellen wurde verbessert.

*Arbeitspunkt 3:* Die Auswertung der Messungen an der Saumzone in dem herausgeschnittenen Profil in der EU 1 ergaben eine Verkleinerung der Auflockerungszone durch den Schnitt mit dem Seilsägeverfahren auf 0,1 bis 0,2 m im Stoß. Vergleiche mit den Permeabilitätsmessungen der TU BAF zeigen eine übereinstimmende Tendenz der Verringerung der Auflockerungszone nach dem Schnitt.

*Arbeitspunkte 6:* Die Messtechnik wurde im Labor erfolgreich erprobt und kann am Versuchsort eingebaut werden.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten zu allen Arbeitspunkten werden planmäßig fortgeführt.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

H. Kühnicke, O. Reutter, F. Schubert, L. Haupt, M. Kröning „Neue Möglichkeiten des zerstörungsfreien Prüfverfahrens Akustische Emission“, DACH-Jahrestagung, Innsbruck, 2000

H. Kühnicke, O. Reutter, F. Schubert „Zerstörungsfreie Messmethoden zur Charakterisierung und Überwachung von Auflockerungszone“, 52. Berg- und Hüttenmännischer Tag, Freiberg, 2000

H. Kühnicke, O. Reutter „Anwendung inverser Analysetechniken zur Charakterisierung von Auflockerungszone in Salzbergwerken“ 12. Kolloquium Schallemission, Jena, 2000

H. Kühnicke „Schallemissionssystem für anspruchsvolle Anwendungen in Industrie und Forschung“ 12. Kolloquium Schallemission, Jena, 2000

<b>Zuwendungsempfänger:</b> TU-BAF, Akademiestr. 6, 09596 Freiberg		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0547</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entwicklung eines Grundkonzepts für langzeitstabile Streckenverschlussbauwerke im Salinar -Bau und Test eines Versuchsverschlussbauwerkes unter realen Bedingungen-		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1997 bis 31.01.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 5.133.938,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Sitz	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Entwicklung eines Grundkonzeptes für den Bau langzeitstabiler, flüssigkeitsdichter und standsicherer Streckenverschlussbauwerke für UTD und andere für die untertägige Ablagerung von Abfällen genutzter Hohlräume im Salinar. Projektierung und Bau eines Versuchsverschlussbauwerkes unter typischen UTD-Bedingungen und experimenteller Nachweis zu Dichtheit, Lastabtrag, Beanspruchung, Sicherheitspotential und Versagensvorgang durch den In-situ-Versuch. Dadurch soll nachgewiesen werden, dass die erarbeitete Grundkonzeption für reale Gebirgsverhältnisse und UTD-Bedingungen gültig ist und somit nach diesem Grundkonzept langzeitsichere Streckenverschlussbauwerke zukünftig errichtet werden können. Durchführung in enger Abstimmung mit den Vorhaben „Strömungskennwerte in Auflockerungszonen“ (02 C 0527) und „Akustische Verfahren zur Detection von Auflockerungszonen“ (02 C 0537).

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1: Entwicklung des Grundkonzeptes
- AP 2: Labor- und Technikumsuntersuchungen zum Dichtsystem
- AP 3: Labor- und Technikumsuntersuchungen zum statischen Widerlager
- AP 4: Ausarbeitung eines Qualitätssicherungsprogrammes für den Bau eines Streckenverschlussbauwerkes
- AP 5: Erarbeitung des Konzeptes für das Versuchsstreckenverschlussbauwerk; Anforderungen an das Versuchsprogramm
- AP 6: Bemessung des Versuchsverschlussbauwerkes, Festlegung des Messkonzeptes und der erforderlichen Instrumentierung
- AP 7: Streckenauffahrung und Bau des Versuchsverschlussbauwerkes
- AP 8: Versuchsdurchführung
- AP 9: Untersuchungen zur Grenzbelastung des Verschlussbauwerkes (Versagensfall)
- AP 10: Auswertung

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- AP 1: Weiterbearbeitung des Zwischenberichtes.
- AP 2: Vorbereitende Arbeiten für den Abschlussbericht.
- AP 3: Vorbereitende Arbeiten für den Abschlussbericht.
- AP 7: Das Versuchsverschlussbauwerk wird am 14.07.2000 fertiggestellt.
- AP 8/9: Das Versuchsprogramm liegt vor.

### 4. Ergebnisse

- AP 2: Die Bentonitformsteine im vorliegenden Format haben sich beim Einbau bewährt. Die Anpassung an die Konturfläche erfolgte mittels Sägen.
- AP 3: Feuchte Salzbriketts (völlig gesättigt mit Salzlösung) weisen nur sehr geringe Druckfestigkeiten auf.
- AP 6: Die Instrumentierung des Versuchsverschlussbauwerkes erfolgte nach Projekt. Die Arbeiten wurden durch Mitarbeiter des Inst. für Gebirgsmechanik, Leipzig ausgeführt.
- AP 7: Bei den Bauarbeiten gab es keine gravierenden Abweichungen vom Projekt.
- AP 8/9: Der Versuch beginnt Anfang September 2000 mit der Flutung der Druckkammer I.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

- AP 1: Fertigstellung des Zwischenberichtes 12/2000
- AP 2: Fertigstellung des Abschlussberichtes 12/2000
- AP 3: Fertigstellung des Abschlussberichtes 12/2000
- AP 8/9: Vorbereitung des Versuches: Installation der Messtechnik, Pumptechnik, Fernüberwachungstechnik

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

- Sitz, P.; Koch, G.: Langzeitstabile Streckenverschlussbauwerke im Salinar, (Seminarvortrag TU Kosice in Vysua Boca, 10. – 12. 05. 2000)
- Sitz, P.; Koch, G.: Long-term stable, fluid-tight sealing constructions in saline environment – basic concept, research, planing, construction test (8. World Salt Symposium 2000).

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Universität Leipzig, Talstraße 35, 04103 Leipzig		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0558</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Komplexes Mess- und Auswertinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und UTD im Salinar - Geologie, Einbeziehung von Geoelektrik und Seismik		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.07.1998 bis 30.06.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.192.454,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Jacobs	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die untertägige Erkundung der geologischen Barriere von Endlagern und UTD ist eine wichtige Voraussetzung für Planung und qualifizierten Sicherheitsnachweis. Es existieren hierfür leistungsstarke physikalische Verfahren, die jedoch unter ungünstigen Bedingungen unzureichend aussagekräftig sind (z.B. an Feuchtezonen). Ebenso kann die Interpretation der Daten ein Problem darstellen. Das Vorhaben hat, gemeinsam mit den Vorhaben "- elektromagnetische Verfahren" (02 C 0578) und "- Sonarverfahren" (02 C 0568) die Lösung dieser Probleme durch Verbesserung der Verfahren, durch die kombinierte Anwendung verschiedener Verfahren und durch neue Auswertalgorithmen zum Ziel, mit In-situ-Messungen an Problemzonen in einer Grube. Gegenstand ist die Einbindung geoelektrischer und seismischer Verfahren in das komplexe System.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- 1) Identifizierung von Referenzmessorten in der Grube Bischofferode
- 2) Anpassungsmessungen der Einzelverfahren mit Orientierungsmessungen
- 3) Bestimmung physikalischer Gesteinsparameter im Labor und in situ
- 4) Modellierung
- 5) Gemeinsame Messkampagne mit allen Verfahren
- 6) Entwicklung eines komplexen Mess- und Auswertinstrumentariums

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Labormessungen zum Feuchtegehalt und spezifischen elektrischen Widerstand wurden fortgeführt. Vollraum-Modellierungen auf der Basis von FE-Berechnungen werden durchgeführt. In das Modell gehen Ergebnisse der übrigen Verfahren (insbesondere Seismik, Georadar, Ultraschall) ein. Die Messkampagne wurde beendet. Die Durchführbarkeit zusätzlicher spezieller seismischer Untersuchungen (Scherwellenseismik) wird geprüft. Der Messdatensatz wurde aufbereitet und den Projektpartnern zur Verfügung gestellt.

#### 4. Ergebnisse

Labormessungen: Widerstände der Proben in der Größenordnung von  $100 \text{ M}\Omega$ , entsprechend einem spezifischen Widerstand von  $1 \text{ M}\Omega \text{ m}$ . Geringe Streubreite des Porenwassergehalts von Proben aus dem Stoß (1 ppm). Hoher Kristallwassergehalt (20 %) ist Indikator für Carnallit.

Mit einem stark vereinfachten 3D-FE-Modell konnte gezeigt werden, dass die Annahme eines Halbraums gerechtfertigt ist für Untersuchungstiefen, die mit dem Streckenquerschnitt vergleichbar sind. Für größere geoelektrische Auslagen ist die Berücksichtigung der 3D-Situation erforderlich. Ein hinreichend detailliertes 3D-FE-Modell wird derzeit entwickelt, das manuell unter Berücksichtigung der Streckengeometrie und anderer Messergebnisse an die Messdaten angepasst werden soll. Die Tiefensektionen aus 2D-Inversionen der geoelektrischen Messdaten geben einen Anhaltspunkt für die im 3D-FE-Modell anzusetzenden Resistivitäten. Zur Abgrenzung geologischer Einheiten im Modell dienen geologische Vorinformationen sowie Ergebnisse aus Georadar und Seismik.

Im seismischen Processing konnte durch eine separate Auswertung der drei aufgezeichneten Komponenten sowohl für die Stapelsektionen der Kompressionswellen als auch der Scherwellen eine signifikante Qualitätsverbesserung erzielt werden. Die gemeinsame Auswertung der Kompressions- und Scherwellen lässt eine Richtungsbestimmung der registrierten Daten zu und ergibt Hinweise auf mögliche Störungszonen. Die Durchführung einer weiteren Messung mit reiner Scherwellenanregung wird geprüft.

#### 5. Geplante Weiterarbeiten

Parameterbestimmung im Labor: Widerstandsmessungen in Abhängigkeit vom Wassergehalt

3D-FE-Modellierung mit möglichst realistischen Modellen.

Seismische Processing zur Parametergewinnung

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

keine

#### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Aschmann, L., Bergmann, K., Kulenkampff, J., Jacobs, F., Kurz, G., Moise, E., Fluche, B.: Problemzonen im Salinar: Mess- und Auswerteergebnisse der Untertage-Geoelektrik. 60. Jahrestagung der DGG, München.

Bergmann, K., Kulenkampff, J., Jacobs, F., Moise, E.: Labormessungen zur Bestimmung des spezifischen Widerstandes und des Feuchtegehalts von Kalisalz. 60. Jahrestagung der DGG, München.

Schuck, A., Kulenkampff, J. and Lindner, U.: Seismic and Geoelectrical Measurements in a Potassium Salt Mine. 62. EAGE Conference and Technical Exhibition.



<b>Zuwendungsempfänger:</b> FhG-München, Leonrodstraße 54, 80636 München		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0568</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Komplexes Mess- und Auswertinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und Untertagedeponien im Salinar; Einbeziehung von Sonarverfahren		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.07.1998 bis 31.01.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 880.000,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Kühnicke	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die untertägige Erkundung der geologischen Barriere von Endlagern und Untertagedeponien ist eine wichtige Voraussetzung für deren Planung und den zugehörigen qualifizierten Sicherheitsnachweis. Es existieren hierfür leistungsstarke physikalische Erkundungsverfahren, die jedoch unter ungünstigen Bedingungen unzureichend aussagefähig sind (z.B. an Feuchtezonen). Ebenso kann die Interpretation der gewonnenen Daten ein Problem darstellen. Das Ziel des Vorhabens „- Einbeziehung von Sonarverfahren“ ist es, gemeinsam mit den Vorhaben „- Geologie, Einbeziehung von geoelektrischen und seismischen Verfahren“ und „- Einbeziehung von elektromagnetischen Verfahren“ diese Probleme durch Weiterentwicklung der Verfahren, durch die kombinierte Anwendung der verschiedenen Verfahren, durch neue verfahrensübergreifende Auswertalgorithmen und mit Hilfe von In-situ-Messungen an Problemzonen in einer Grube zu lösen. Das Vorhaben hat Untersuchungen zur Weiterentwicklung und zur Einbeziehung von Sonarverfahren in das komplexe untertägige Erkundungssystem zum Gegenstand.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Arbeitspunkt 1:* Auswahl und Charakterisierung von Referenzmessorten in der Grube Bischofferode
- Arbeitspunkt 2:* Messkampagne in der Grube Bischofferode
- Arbeitspunkt 3:* Bestimmung physikalischer Gesteinsparameter in situ und im Labor
- Arbeitspunkt 4:* Modellierung der Sende- und Empfangseinrichtungen, der Reflektoren und der zu dedektierenden und zu bewertenden Problemzonen
- Arbeitspunkt 5:* Weiterentwicklung von Auswertalgorithmen der Einzelverfahren
- Arbeitspunkt 6:* Entwicklung eines komplexen Mess- und Auswertinstrumentariums
- Arbeitspunkt 7:* Auswertung und Abschlussbericht

### 3. Durchgeführte Arbeiten

*Arbeitspunkt 1:* Arbeitspunkt abgeschlossen. Im Berichtszeitraum keine Aktivitäten.

*Arbeitspunkt 2+3:* Es wurden an dem ausgewählten Referenzort an allen von der Grube Bischoffsrode eingebrachten Bohrungen (39 davon in der Nord-Süd-Strecke, 11 in der Ost-West-Strecke) Messungen durchgeführt. Unter Einsatz der schwenkbaren Sensoren wurden die Messungen sowohl in Richtung Firste als auch in Richtung Sohle ausgeführt.

*Arbeitspunkt 4:* Im Berichtszeitraum keine Aktivitäten. Arbeiten werden im folgenden Halbjahr fortgeführt.

*Arbeitspunkt 5:* Es wurden Algorithmen zur Aufbereitung der Messdatensätze entwickelt, die in erster Linie das Signal-Rausch-Verhältnis verbessern und die Intensitätsschwankungen, die durch Schwankungen in der Ankoppelung des Senders und der Sensoren hervorgerufen wurden, ausgleichen. Die so erarbeiteten Messdaten eignen sich für eine Auswertung mit SAFT, einem bildgebenden Verfahren zur Rekonstruktion.

*Arbeitspunkt 6+7:* Im Berichtszeitraum keine Aktivitäten.

### 4. Ergebnisse

*Arbeitspunkt 2+3:* Es liegen Messdatensätze im Liegenden und das Hangenden für eine Strecke von ca. 80 m vor. Die Reichweite beträgt 100 m.

*Arbeitspunkt 5:* Die Datenbehandlung zur Wiedererkennung des gesendeten Impulses in den empfangenen Signalen und der Ausgleich von experimentellen Intensitätsschwankungen führte zu einem deutlich verbessertem Ergebnisbild der SAFT-Rekonstruktion.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten zu den Arbeitspunkten 2 bis 7 werden planmäßig fortgeführt.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

H. Kühnicke, O. Reutter, F. Schubert, L. Haupt, M. Kröning: „Neue Möglichkeiten des zerstörungsfreien Prüfverfahrens Akustische Emission“, DACH-Jahrestagung, Innsbruck, 2000

H. Kühnicke, O. Reutter, F. Schubert: „Zerstörungsfreie Messmethoden zur Charakterisierung und Überwachung von Auflockerungszonen“, 52. Berg- und Hüttenmännischer Tag, Freiberg, 2000

H. Kühnicke, O. Reutter: „Anwendung inverser Analysetechniken zur Charakterisierung von Auflockerungszonen in Salzbergwerken“ 12. Kolloquium Schallemission, Jena, 2000

H. Kühnicke: „Schallemissionssystem für anspruchsvolle Anwendungen in Industrie und Forschung“ 12. Kolloquium Schallemission, Jena, 2000

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben, Stilleweg 2, 30655 Hannover		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 C 0578</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Komplexes Mess- und Auswertinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und UTD im Salinar -Einbeziehung elektromagnetischer Verfahren-		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.07.1998 bis 30.06.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 877.300,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Schulz	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die untertägige Erkundung der geologischen Barrieren von Endlagern und Untertagedeponien ist eine wichtige Voraussetzung für Planung und qualifizierten Sicherheitsnachweis. Zwar existieren hierfür leistungsstarke physikalische Verfahren, die jedoch unter ungünstigen Voraussetzungen insbesondere in Problemzonen (Kluftzonen, Laugentaschen, Feuchtbereiche) als Einzelverfahren unzureichend aussagekräftig sind. Das Teilvorhaben "Elektromagnetische Verfahren" hat im Verbund mit den Teilvorhaben "- Geologie, Geoelektrik und Seismik" und "Sonarverfahren" zum Ziel, durch kombinierte Anwendung der unterschiedlichen Verfahren und durch neue Auswertalgorithmen anhand von In-situ-Messungen an Problemzonen in einem Bergwerk ein Instrumentarium zu entwickeln, das eine von Bohrungen unabhängige sichere Detektion und Bewertung der untertägigen Problemzonen erlaubt.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Identifizierung von Referenzmessorten in der Grube Bischofferode
- AP2: Anpassung der Einzelverfahren mit Orientierungsmessungen
- AP3: Bestimmung physikalischer Gesteinsparameter im Labor und in situ
- AP4: Modellierung
- AP5: Gemeinsame Messkampagne mit allen Verfahren
- AP6: Entwicklung eines komplexen Mess- und Auswertinstrumentariums

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- AP1, 2, 3 und 5: abgeschlossen
- AP4: Neue Ansätze für die elektromagnetische Modellierung im Vollraum wurden entwickelt: Doppelter 1-Schichtfall, Doppelter 2-Schichtfall.
- AP6: Umsetzung des Konzeptes zur kombinierten Interpretation für die Messdaten der Elektromagnetik und Geoelektrik ist abgeschlossen.

#### 4. Ergebnisse

Elektromagnetik (EM):

Zur Interpretation der Messdaten wurde eine 1D-Inversion durchgeführt. Da ein Mehrschicht-Startmodell keine Verbesserung bewirkte, wurde der mittlere spezifische Halbraumwiderstand mit  $25 \Omega\text{m}$  bestimmt. Damit war es möglich, In-Phase- und Out-of-Phase-Komponente in die Tiefe mittels der Skintiefenformel zu übertragen. Dies ist eine erste Abschätzung, um die Basis für eine statistische Auswertung der Daten zu schaffen. Für jede Skintiefe wurde eine Häufigkeitsverteilung vorgenommen, wobei die Skewness auf eine Normalverteilung der Daten hindeutete. Anschließend wurden die Daten standardisiert und ein Anomaliekriterium entwickelt. Werte außerhalb der Halbwertsbreite der Normalverteilung wurden als anomal angenommen, die damit Hinweise auf geologische Problemzonen liefern. Umfangreiche Griddinguntersuchungen dienten dazu, die Daten in eine vorgegebene Zellenstruktur anzupassen, um sie mit den Daten der anderen Methoden vergleichbar zumachen. Anomale Bereiche wurden durch Clusterbildung hervorgehoben.

Geoelektrik:

Der gleiche statistische Ansatz wurde auf die Messdaten der Geoelektrik (Pseudosektionen) angewendet. Allerdings musste ein anderes Anomaliekriterium entwickelt werden: Es wurden zunächst alle Werte unterhalb eines tiefenabhängigen Mittelwertes zu einem elektrisch leitfähigen Bereich zugeordnet, die damit auf Problemzonen hindeuten.

#### 5. Geplante Weiterarbeiten

Für die Interpretation der restlichen Verfahren wird eine ähnliche Vorgehensweise wie bei den EM- und Geoelektrik-Messungen vorgenommen. Dabei muss für jedes Verfahren ein neues Anomaliekriterium als Indikator für Laugennester bzw. Laugentaschen gesucht werden. Nachdem die statistische Auswertung für die Messdaten aller Verfahren verwendet wurde, wird die gleiche Strategie auf invertierte Datensätze angewendet. Damit werden alle Datensätze in einem komplexen Auswertalgorithmus zusammengeführt. Für die Messdaten und für die invertierten Daten wird eine Korrelationsmatrix erstellt.

Für die EM-Messdaten werden die analytischen Lösungen für Vollraumverhältnisse weiterentwickelt. Damit wird es möglich sein, eine genauere Tiefenzuordnung der anomalen Bereiche vorzunehmen.

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

keine

#### 7. Berichte, Veröffentlichungen

KURZ, G., MOISE, E., RODEMANN, H. & FLUCHE, B. (2000): Untertägige Anwendung der Horizontalspulenmethode im Salinar – neue Ansätze zur Dateninterpretation. – 60. Jahrestagung der DGG: 25; München.

MOISE, E., KURZ, G., SCHURICHT, R. & FLUCHE, B. (2000): Strukturelle Erkundung und Bestimmung von petrophysikalischen Parametern im Salinar mit Hilfe von Georadar. – 60. Jahrestagung der DGG: 36; München.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> TU-Clausthal, Adolph-Roemer-Str. 2 A, 38678 Clausthal-Zellerfeld		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0588</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des grubenraumnahen Gebirges in Verbindung mit der Planung von Damm- und Verschlussbauwerken im Salinar -Teil A: Mechanische Modellbildung und mechanisch-hydraulische Tragwerksanalyse-		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.07.1998 bis 30.11.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.031.373,36 DM	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Lux	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Auflockerungszonen im Nahbereich von Strecken, Schächten, Bohrlöchern und Kavernen mit erhöhter Permeabilität setzen die Wirksamkeit geologischer und geotechnischer Barrieren gegen eine Schadstofffreisetzung aus abgelagerten Abfällen herab und bedeuten daher einen kritischen Befund für die gesetzlich geforderte sichere und nachsorgefreie Ablagerung der Abfälle in untertägigen Deponien. Durch Laborversuche an axial gelochten Großbohrkernen sollen die mechanischen und hydraulischen Eigenschaften der Auflockerungszonen quantifiziert und hinsichtlich ihrer wechselseitigen Beeinflussung untersucht werden. Ziel der Versuche ist es, ein Stoffmodell zu entwickeln, welches eine Berechnung der Porosität bzw. Porositätsänderung in Abhängigkeit von den mechanischen Belastungsrandbedingungen ermöglicht. Durch eine Verknüpfung dieses Stoffmodells mit einem geeigneten Stoffmodell zur Beschreibung der hydraulischen Wirksamkeit von Auflockerungszonen (Porositäts-Permeabilitätsbeziehung) soll schließlich eine gekoppelte mechanische Simulation von Auflockerungszonen realisiert werden.

Bezug zu anderen Vorhaben: Hydraulische Modellbildung - Prof. Pusch / Teil B

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- a) Aufarbeitung der vorhandenen Erkenntnisse zu geomechanisch-geohydraulischen Wechselwirkungen im Salinar und Formulierung einer diese Prozesse quantifizierenden Arbeitshypothese.
- b) Implementierung des hypothetischen Stoffmodellansatzes zur Beschreibung der Gefügauflockerung (Dilatanz).
- c) Rechnerische Ermittlung von charakteristischen Beanspruchungszuständen im Streckennahbereich.
- d) Aufbau eines Versuchsstandes zur Durchführung von Versuchen an axial gelochten Großbohrkernen.
- e) Gewinnung von Bohrkernmaterial.
- f) Laborversuche zur Entstehung von Auflockerungszonen bei variierten Beanspruchungsrandbedingungen ( $\sigma, t$ ).
- g) Quantifizierung der hydraulischen Wirksamkeit von Auflockerungszonen.
- h) Erweiterung der vorhandenen FE-Software um den neu entwickelten geohydraulischen Teil (Teil B),

- i) Numerische Simulation der Experimente an axial gelochten Großbohrkernen zur Validation.
- j) Prüfung (Verifizierung, Falsifizierung) der Arbeitshypothese, gegebenenfalls Modifizierung.
- k) Anwendung der neuen FE-Software auf die rechnerische Simulation der mechanisch-hydraulischen Prozesse im Saumbereich von Abdichtungsbauwerken.

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

- Hydraulisch-mechanische Inbetriebnahme Modellprüfstand;
- Elektrischer Anschluss Modellprüfstand;
- Programmierung Versuchssoftware Modellprüfstand;
- Planung der Durchströmungseinrichtung für Modellprüfstand;
- Planung und Konstruktion neuer Druckstücke zur Aufnahme der Ultraschallprüfköpfe;
- Herstellung von Salzprüfkörpern;
- Durchführung von Kriech- und Festigkeitsversuchen zur Ableitung der Stoffmodellparameter Hou/Lux;
- Mechanisch-hydraulisch gekoppelte FEM-Berechnungen für ein artifizielles Dammbauwerk;
- Erarbeitung von Kriterien und Grenzwerten für die Bewertung der rechnerischen Zustandsgrößen;
- Numerische Berechnung von axial gelochten Großbohrkernen zur Festlegung der Versuchsrandbedingungen.

### **4. Ergebnisse**

- Mechanische Inbetriebnahme Modellprüfstand;
- elektrische Absicherung Modellprüfstand über USV-Anlage;
- Programmtechnische Steuerung Modellprüfstand;
- Testversuch Modellprüfstand;
- Abschluss der Kriech- und Kurzzeitversuche zur Ermittlung der Stoffmodellparameter Hou/Lux;
- erste Ergebnisse zum Tragverhalten der aufgelockerten Saumzone im Streckenbereich;
- erste Ergebnisse zum Strömungsverhalten der aufgelockerten Saumzone im Streckenbereich.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

- Herstellung geeigneten Prüfkörpermaterials aus den erbohrten Kernen;
- Aufbau und Inbetriebnahme des Modellprüfstandes;
- Erweiterung der Prüfeinrichtungen um Ultraschallmessung;
- Auswertung der Laborversuche an Vollprüfkörpern mit Bestimmung der Stoffmodellparameter Hou/Lux;
- Laborversuche zur Ermittlung der stoffmodellbeschreibenden Parameter für das Stoffmodell Hou/Lux;
- Adaption der Durchlässigkeitsmessung an dem Modellprüfstand;
- Versuch mit axial gelochten Großbohrkernen bei gleichzeitiger Durchströmung.

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

keine

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

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> TU-Clausthal, Adolph-Roemer-Str. 2 A, 38678 Clausthal-Zellerfeld		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0598</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des grubenraumnahen Gebirges in Verbindung mit der Planung von Damm- und Verschlussbauwerken im Salinar -Teil B: Hydraulische Modellbildung-		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.07.1998 bis 30.06.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 876.750,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Pusch	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Ziele des Vorhabens sind die Entwicklung und Validierung eines Stoffmodells zur Simulation mechanisch-hydraulischer Prozesse in aufgelockerten Saumzonen für die Analyse der Langzeitsicherheit von Abdichtungs- und Verschlussbauwerken über die Zeit. Insgesamt soll mit dem Vorhaben die Grundlage für eine quantifizierende Prognose des geomechanisch-hydraulischen Verhaltens von geotechnischen Barrieren als Teil des Langzeitsicherheitsnachweises geschaffen werden. Durch experimentelle Untersuchungen an homogenen Salzkörpern sollen die mechanischen Entstehungsbedingungen von Auflockerungszonen untersucht und die hydraulischen Auswirkungen bestimmt werden. Bezug zu anderen Vorhaben: Prof. Lux, TU Clausthal-Teil A: Mechanische Modellbildung und mechanisch-hydraulische Tragwerksanalyse.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- B1: Modellhafte Untersuchung der Entstehung von Auflockerungszonen und ihrer geometrischen Struktur anhand von Versuchen an homogenen Salzkörpern unter den im Arbeitspaket A1 vorgegebenen Randbedingungen.
- B2: Untersuchung der hydraulischen Wirksamkeit von Auflockerungszonen und ihr zeitlicher Verlauf.
- B3: Erarbeitung von Stoffmodellen für den Zusammenhang von mechanischen und hydraulischen Eigenschaften zur Überprüfung und Verbesserung des derzeitigen Kenntnisstandes. Dabei werden zeitabhängige Aspekte in die Untersuchungen einbezogen, um die durch die Konvergenz des Hohlraumes bewirkte Rückbildung der Gefügeveränderungen zu berücksichtigen.

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Kompressions-Extensions Versuche: Insgesamt sind zehn Kompressionsversuche mit der neuen Zelle TRIAX-300 durchgeführt worden. Die Ergebnisse sind im Bezug auf die geplanten Testprogramme ausgewertet worden wobei die Einflüsse von Konvergenzparametern bzw. Zeit, Belastung, Belastungsgeschwindigkeit, auf Dilatanz und Permeabilität untersucht worden sind.

Akustische Messungen: Sechs von zehn Kompressionsversuchen wurden mit akustischen Messungen durchgeführt. Um die Auflösung beim Orten der Risse verbessern zu können, wurden unterschiedliche Sensoranordnungen angewendet. Die Signale sind in Abhängigkeit von Zeit und Ort ausgewertet worden, um die Dilatanzgrenze sowie die Mikrorissöffnungsbereiche zu bestimmen.

Hydraulische Modellbildung: Modellbau für eine Kopplung von Dilatanz und Permeabilität durch mechanische Effekte wurde durchgeführt basierend auf den experimentellen Ergebnissen gemäß dem Arbeitsprogramm. Im Rahmen der Mikrorissvisualisierung und -charakterisierung stellte sich heraus, dass die Fraktalgeometrie zur Beschreibung der Verteilung von Rissen und Rissystemen in Salzgestein als geeignetste in Frage käme. Die Wegsamkeiten in Salzgestein wurden mittels digitalem Makro- und Mikrofotografien untersucht. Die Fraktal-Dimensionen für die verschiedenen Salzproben wurden durch „Box Counting Method“ zwischen 1,6 und 1,8 bestimmt. Bei der Anwendung der Infiltrationsmessmethode an Salzkernen wurden die Erfahrungen der ETH Zürich berücksichtigt.

### 4. Ergebnisse

liegen noch nicht vor.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Kompressions-Extensionsversuche: Die Kompressions-Extensionsversuche werden nach Auswertung der bereits vorhandenen Messdaten unter Berücksichtigung der erhaltenen Ergebnisse fortgeführt. Insgesamt sind zehn weitere Langzeitsversuche geplant, um die hydraulisch-mechanischen Effekte untersuchen zu können.

Akustische Messungen: Die akustischen Messungen werden mit der neuen TRIAX-300 Zelle auf der Basis von vorhandenen Ergebnissen durchgeführt. Die Messergebnisse werden zur Charakterisierung der Risse (örtliche Beschreibung der Rissbildung und Rissentwicklung) ausgewertet.

Hydraulische Modellbildung: Ergebnisse der Visualisierung der Rissbildung und Rissentwicklung sowie die TRIAX-Messungen werden analytisch weiterbearbeitet. Ein Modell, das auf der Perkolationstheorie basiert und im Bezug auf experimentelle Daten aufgebaut wird befindet sich zur Zeit in Entwicklung.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

keine



<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0608</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Geochemische Barriereeffizienz im anaeroben Deponienahfeld einer UTD (Geochemische Barriere)			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.07.1998 bis 30.06.2001		<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.730.884,00 DM		<b>Projektleiter:</b> Dr. Brassler	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Nach Stilllegung einer UTD sind Maßnahmen durchzuführen, die den sicheren Abschluss der Abfälle vom Biozyklus gewährleisten. Aufbauend auf den Erfahrungen bislang durchgeführter Untersuchungen zu Wechselwirkungen und zum Mobilisierungsverhalten von Schwermetallen wird zunächst die langfristige Entwicklung des chemischen Milieus in der Nachbetriebsphase einer UTD unter anaeroben Bedingungen experimentell ermittelt. Darüber hinaus werden geeignete und technisch handhabbare Maßnahmen bestimmt, welche die Löslichkeits- und Mobilitäts- beeinflussenden Parameter (wie z. B. Eh- und pH-Wert) entstehender Lösungen in bestimmten Bandbreiten fixieren und so zur Erhöhung der Barrierewirksamkeit im Nahfeld einer UTD beitragen. Dadurch wird einerseits eine wesentlich belastbarere Beurteilung des von abgelagerten Abfällen ausgehenden Gefährdungspotentials ermöglicht und andererseits die Voraussetzung geschaffen, durch geeignete technische Maßnahmen schon bei der Ablagerung der Abfälle selbst die Langzeitsicherheit des gesamten UTD-Konzeptes erheblich zu verbessern.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Durchführung des Vorhabens ist in folgenden Arbeitsschritten konzipiert:

1. Bestandsaufnahme und Zusammenstellung wissenschaftlicher Ergebnisse zum SM-Verhalten in natürlichen anaeroben Systemen
2. Auswahl und Beschaffung von Abfallproben, Grundwässern, Laugen und deren Analytik
3. Experimentalprogramm mit unterschiedlichen Löseversuchen (Kaskadenversuche, Langzeitumlaufsäulenversuche unter Inertgas, Zugabe von Na<sub>2</sub>S und dazugehöriger Analytik
4. Auswertung in Hinblick auf pH- / Eh- Einfluss auf das SM-Mobilisierungsverhalten, Ableitung von Stabilitätsdiagrammen, Beständigkeit von Mineralphasen, Laugenentwicklung und SM-Spezies

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Bislang sind 36 Umlaufsäulen- sowie 18 Kaskadenversuche unter anaeroben (<100 ppm O<sub>2</sub> in der Gasphase der Glovebox) bzw. aeroben Bedingungen durchgeführt worden. Während der Versuchsdurchführung erfolgt eine fortlaufende Messung der Eh- und pH- Werte sowie der Leitfähigkeit und Dichte. Die chemische Analyse der Eluate erfolgt bei Umlaufsäulenversuchen nach Abschluss des jeweiligen Versuchs, bei Kaskadenversuchen nach jeder einzelnen Kaskade. Mittlerweile liegen bereits alle Analysenergebnisse der eingesetzten Abfälle und der verwendeten Fluide sowie von 125 der aus den Versuchen resultierenden Eluate vor.

### 4. Ergebnisse

Die unter anaeroben bzw. aeroben Bedingungen untersuchten Wechselwirkungssysteme, bestehend aus Filterstäuben aus der Abfallverbrennung (CA200, CA201, CA203, CA400, CA403 und CA404) sowie Grundwässern bzw. Salzlauge, weisen je nach Art der Versuchsdurchführung Unterschiede im Lösungsverhalten, u. a. der Schwermetalle auf. Eine Fixierung der Schwermetalle durch Sulfid-Fällung, wie im System CA401 (Elbschlick) / Grundwasser ermittelt, konnte bisher noch bei keinem weiteren untersuchten System festgestellt werden. Auffällig ist, dass einige Metalle unter anaeroben Bedingungen sogar deutlich höhere Konzentrationen in den Eluaten aufweisen als unter aeroben Bedingungen (s. Tabelle).

**Tabelle:** Eluatgehalte beim Kaskadenversuch mit Abfall CA302 im Kontakt mit den Grundwässern VG und KO bzw. IP9-Lösung (Mittelwert der Kaskaden 8-10) unter anaeroben und aeroben Bedingungen [mg/l]

CA302	Chrom	Quecksilber	Mangan	Zink	Cadmium	Blei	Kupfer
VG-aerob	0,6	0,2	14	1605	1641	29	6
VG-anaerob	0,6	0,2	10	1415	1495	14	14
KO-aerob	1,0	0,2	7	3559	1623	67	29
KO-anaerob	<b>6,0</b>	<b>5,8</b>	<b>66</b>	3088	1434	56	24
IP9-aerob	n.b.	n.b.	n.b.	5752	1695	50	32
IP9-anaerob	<b>8,8</b>	<b>3,4</b>	<b>125</b>	5921	1418	59	27

n.b.: nicht bestimmbar

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Die Umlaufsäulen- sowie Kaskadenversuche werden mit den noch ausstehenden Wechselwirkungssystemen (Abfall/Grundwasser bzw. Salzlauge) in der Glovebox (Anaerob-Bedingungen) sowie vergleichend unter Normalatmosphäre vervollständigt. Unter Verwendung vorliegender Analysenergebnisse werden darüber hinaus ergänzende Umlaufsäulenversuche unter Zugabe von Additiven (z. B. Schwermetallsalze) sowie geochemische Modellrechnungen, u. a. zur Bestimmung der Sättigungsverhältnisse in den Eluaten, durchgeführt.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0618</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Erstellung einer Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung geochemischer Informationen zum Verhalten von Abfallinhaltsstoffen im Deckgebirge einer UTD/UTV (Sorptionsdatenbank Chemieabfälle)			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.09.1998 bis 31.08.2001		<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 913.973,00 DM		<b>Projektleiter:</b> Dr. Brasser	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Für den Langzeitsicherheitsnachweis einer UTD/UTV ist die Bewertung einer möglichen Schadstoffausbreitung von Bedeutung. Im Gegensatz zur Endlagerung radioaktiver Abfälle ist das Migrationsverhalten von Schadstoffen aus chemisch-toxischen Abfällen im Deckgebirge noch nicht zusammenhängend untersucht. Es ist deshalb Ziel des Vorhabens, bereits verfügbare Ergebnisse relevanter geochemischer Experimente zusammenzustellen, zu bewerten und in einer Datenbank verfügbar zu machen. Damit wird ein Instrumentarium erarbeitet, welches Basisdaten für sicherheitsanalytische Modellrechnungen bereitstellt, die Barriere „Deckgebirge“ in die Bewertung untertägiger Abfallentsorgungskonzepte einbezieht und letztendlich eine TA Abfall konforme Durchführung eines Langzeitsicherheitsnachweises für UTD/UTV durch sicherheitsanalytische Methoden und Modelle erst ermöglicht.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Durchführung des Vorhabens ist in folgenden Arbeitsschritten konzipiert:

1. Literaturrecherche zum Verhalten von Abfallinhaltsstoffen im Deckgebirge einer UTD/UTV (Schwerpunkt: As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Sr, Ti, V, Zn)
2. Literaturlauswertung unter Berücksichtigung relevanter Schadstoffe
3. Erarbeitung einer geeigneten Datenbankstruktur mit entsprechendem Auswerteeinstrumentarium auf der Grundlage des Datenbankprogramms ACCESS
4. Konzeptüberprüfung, Erarbeitung eines Manuals und Veröffentlichung
5. Weiterführung und Abschluss der ARBUS Bergwerk- und UTD-Standortdatenbank

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

- Recherche, Sammlung und Auswertung weiterer Sorptionsdaten aus Fachzeitschriften, sonstigen Publikationen, Projektberichten, Diplomarbeiten und Dissertationen (Schwerpunkt: „Sorptions-eigenschaften von Festgesteinen und definierten Mineralphasen“)
- Erweiterung der Literaturrecherche und -auswertung durch Internet-Suchläufe
- Erfassung von Literaturangaben in einer Teildatenbank mit projektbezogener Klassifikation und Bewertung der entsprechenden Quelle
- Fortsetzung der Arbeiten an der Sorptionsdatenbank-Struktur mit Einarbeitung von Änderungs-vorschlägen (weitgehend abgeschlossen)

### **4. Ergebnisse**

- Erweiterte Teildatenbank mit relevanten Quellenangaben (ca. 1000)
- Zusammenfassung vorliegender Sorptionsdaten in Excel-Tabellen
- Bereitstellung einer lauffähigen Version der Sorptionsdatenbank und Überführung erster Tabel-lenbestände in die eigentliche Sorptionsdatenbank
- Weitere Bestätigung der bereits erläuterten Feststellung, dass sich erwartungsgemäß nur ein ge-ringer Teil der recherchierten Publikationen mit Sorptionseigenschaften von Festgesteinen oder Mineralphasen befasst

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

- Recherche, Erfassung und Auswertung weiterer Sorptionsdaten
- Überführung weiterer Datenbestände in die Sorptionsdatenbank
- Änderungen oder Erweiterungen der Eingabeparameter (bei Bedarf) sowie Festlegung der Ab-frageparameter
- Im Bedarfsfall weitere Aktualisierung und Vervollständigung der ARBUS-Datenbank

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

keine

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

keine

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0628</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Modellrechnungen zur großräumigen dichteabhängigen Grundwasserbewegung		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.1999 bis 31.12.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> Vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.482.030,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Frau A. Schneider	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit der Fertigstellung des in den Jahren 1995-1998 unter BMBF-Förderung entwickelten Programmpaketes d<sup>3</sup>f steht ein Werkzeug zur Verfügung, das es erlaubt, Grundwasserbewegungen unter Berücksichtigung der Salinität in großräumigen, hydrogeologisch komplexen Gebieten über lange Zeiträume zu berechnen.

Im Rahmen dieses Projektes wird das Programm mit allen enthaltenen Möglichkeiten der Modellierung und unter Ausschöpfung der Hard- und Softwaregrenzen umfassend erprobt. Damit soll das Vertrauen in die Modellierung von Dichteströmungen erhöht werden.

Bearbeitet werden Deckgebirge in der Umgebung von Salzformationen, Salzwasserintrusionen in Küstengebieten und Süßwasserlinsen unter Inseln.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Durchführung des Vorhabens ist in folgende Arbeitsschritte unterteilt:

AS1: Deckgebirge über norddeutschen und ausländischen Salzstöcken

AS2: Ausländische Endlagerstandorte

AS3: Salzwasserintrusion in Küstengebieten, Brunnen in Küstengebieten

AS4: Süßwasserlinsen unter Inseln

AS5: Dokumentation

AS6: Wartung und Pflege des Programms d<sup>3</sup>f

### 3. Durchgeführte Arbeiten

AS4: Anhand eines realitätsnahen hydrogeologischen Modells der Insel Norderney wurden serielle Rechnungen zur Entstehung einer Süßwasserlinse durchgeführt.

AS2: Parallel dazu wurde ein dreidimensionales Modell der WIPP-Site erstellt und mit den Rechnungen dazu begonnen.

AS1: Datenmaterial zum ehemaligen Salzbergwerk "Mariagluck" bei Celle wurde von der Firma Kali & Salz zur Verfügung gestellt.

AS3: Wegen Datenmaterial wurde erneut bei den Amsterdamer Wasserwerken angefragt.

Zur Behebung der Schwierigkeiten mit dem Präprozessor wurde ein Unterauftrag an die Universität Hannover auf den Weg gebracht.

### 4. Ergebnisse

AS4: Zur Entstehung der Süßwasserlinse der Insel Norderney liegen erste Rechenergebnisse vor.

AS2: Die Rechnungen zur WIPP Site laufen.

AS1: Es liegt Datenmaterial zum Deckgebirge in der Umgebung des Schachtes "Mariagluck" vor.

AS3: Von den Wasserwerken Amsterdam wurde Datenmaterial zur Modellierung der Süß-Salzwassergrenze in einem Amsterdamer Dünengebiet in Aussicht gestellt.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Sowohl im Norderney-Modell als auch im Modell der WIPP-Site sind Verbesserungen am Rechengitter nötig, damit die Rechnungen genauer und auch auf Parallelrechnern durchgeführt werden können.

Zum Deckgebirge von "Mariagluck" wird weiteres Datenmaterial beim NLFb aquiriert, ein Modell erstellt und gerechnet.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Schneider, Anke: Modelling Freshwater Lenses below Islands using d<sup>3</sup>f. SWIM16, Miedzyzdroje, Polen, 11.-13.06.2000

<b>Auftragnehmer:</b> IfG, Friederikenstraße 60, 04279 Leipzig		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0639</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Prognose der dynamischen Langzeitstabilität von Grubengebäuden im Salinar		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.2000 bis 31.12.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.047.821,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr.-Ing. Minkley	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Wirksamkeit geologischer Salzbarrieren basiert im wesentlichen auf ihrer Fähigkeit zur bruchlosen, duktilen unter statischen Beanspruchungen im Gebirge. Unter gebirgsdynamischen Einwirkungen anthropogenen oder geogenen Ursprungs (Gebirgsschlägen, Erdbeben) besteht ein signifikant höheres Sicherheitsrisiko hinsichtlich einer Verletzung der Integrität und Dichtheit salinärer Barrieren. Zielstellung des Projektes ist die Schaffung der experimentellen und theoretischen Basis für eine Prognose der dynamischen Langzeitstabilität von Grubengebäuden im Salzgebirge, die als UTD bzw. UTV genutzt werden sowie die Ableitung dynamisch zulässiger Beanspruchungsgrenzwerte für die anschließenden salinaren Barrieren. Das Vorhaben umfasst die Untersuchung der Entfestigung carnallitischer Tragelemente, die Messung geomechanischer Größen zur Prognose des Systemverhaltens, die Entwicklung eines umfassenden Stoffgesetzes für Salzgesteine unter Einbeziehung von Kriechen, Entfestigung und Dilatanz sowie die Verifizierung und Validierung der entwickelten Modelle und Modellvorstellungen an eingetretenen Schadens- und Versagensfällen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1: Sondierung der Entfestigung carnallitischer Tragelemente.
- AP 2: Entwicklung von Berechnungsmodellen zur Fallunterscheidung langfristig stabil/instabil.
- AP 3: Entwicklung von Modellvorstellungen über Vorläufererscheinungen bei Systeminstabilität.
- AP 4: Messung geomechanischer Größen zur Prognose des Systemverhaltens.
- AP 5: Entwicklung eines umfassenden Stoffgesetzes für Salzgesteine.
- AP 6: Ableitung dynamischer Beanspruchungsgrenzwerte für Salinarbarrieren.
- AP 7: Verifizierung und Validierung.

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- AP 1: An einem fast vollständig durchbohrten Carnallitpfeiler wurde eine digitale Videoaufnahme zum Entfestigungszustand aufgenommen.
- AP 4: Durch Befahrung wurde der übertägige und untertägige Standort für die Aufstellung von zwei Neigungssensoren über einem carnallitischen Abbaufeld festgelegt. Die Bestellung für die Tiltmeter und Datenlogger wurde ausgelöst.
- AP 5: Das visko-elastoplastische Stoffmodell mit Entfestigung und Dilatanz wurde in einem komplexen gebirgsmechanischen FLAC-Modell getestet.

### 4. Ergebnisse

- AP 1: Eine im Laufe der Pfeilerstandzeit ausgebildete entfestigte Konturzone von mehreren Metern konnte durch den Nachweis von Scherzonen visualisiert werden. Im Anschluss an die entfestigte Konturzone hat sich eine Hochspannungszone herausgebildet, die durch verstärkte Bohrlochausbrüche in Erscheinung tritt. Zum Pfeilerzentrum hin nehmen die break-outs ab.
- AP 4: Die Anforderungen an die Tiltmeter und die Datenerfassungseinrichtung wurden spezifiziert.
- AP 5: Qualitätskontrolle/Verifikation des user defined model auf der Ebene der FISH-Programmierung in FLAC erfolgreich abgeschlossen.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

- AP 1: Fortführung der Sondierungen zum Entfestigungszustand carnallitischer Tragelemente in situ. Versuch einer quantitativen Auswertung der Bohrlochausbrüche zur Ermittlung der Pfeilerausbrüche.
- AP 2: Beginn der Entwicklung von Berechnungsmodellen in denen Kriechbruchvorgänge simuliert werden können
- AP 3: Zusammentragung vorhandener Erkenntnisse über Vorläufererscheinungen bei Systeminstabilität.
- AP 4: Installation und Inbetriebnahme des Neigungsüberwachungssystems.
- AP 5: Verifizierung des in die Quellcodes der Programme FLAC, FLAC 3D, UDEC, 3DEC implementierten visko-elastoplastischen Entfestigungsmodells.
- AP 6: Beginn der Untersuchungen über dynamische Beanspruchungsgrenzwerte für Salinarbarrieren.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

keine



<b>Auftragnehmer:</b> IfG, Friederikenstraße 60, 04279 Leipzig		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0649</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Untersuchungen zur Langzeitsicherheit von UTD in Salzformationen der flachen Lagerung im Zusammenhang mit dem Verformungs- und Bruchverhalten -Phase III-		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.2000 bis 31.12.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 408.538,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Salzer	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Ziel ist die Bereitstellung von Rechenmodellen und Kriterien für Aussagen zur Langzeitsicherheit der geologischen und technischen Barrieren, zum Einschluss des Einlagerungsgutes im Salzgebirge der flachen Lagerung sowie zur Bewertung von Störfallszenarien.

Das Vorhaben umfasst die Fortführung von geotechnischen In-situ-Messungen in einem Salzbergwerk der flachen Lagerung, die im Rahmen des Vorhabens 02 C 0274 begonnen wurden. Die Fortführung ist notwendig, um die für Langzeitsicherheitsbetrachtungen entscheidende stationäre Kriechphase zu erfassen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

An den 4 im Rahmen des Vorhabens 02 C 0274 eingerichteten Messkomplexen werden Wiederholungsmessungen zur Erfassung des Verformungsverhaltens und Spannungssondierungen durchgeführt. Die Messeinrichtungen sind zu kontrollieren und bei Erfordernis zu warten. Parallel dazu erfolgt die Auswertung der Messdaten und die Fortschreibung der für die Messkomplexe charakteristischen gebirgsmechanischen Strukturmodelle.

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

Im Berichtszeitraum erfolgte die planmäßige Ablesung und Wartung der Verformungsmessstellen an allen Messkomplexen.

Neuinstallation von 10 Extensometern zur Erfassung des Verformungsverhaltens am Messkomplex 2, da der Messbereich der alten Extensometer abgelaufen ist.

### **4. Ergebnisse**

Mit den durchgeführten In-situ-Arbeiten wurden umfangreiche Messreihen für eine breite Palette von Spannungs-Verformungszuständen bereitgestellt, die für eine UTD/UTV in Salzformationen der flachen Lagerung charakteristisch sind.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Fortsetzung der In-situ-Messungen bis zum Erreichen der stationären Kriechphase an allen Messkomplexen für eine abschließende Modellvalidierung.

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

keine

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

keine

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0659</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Langzeitstabilität von Tondichtungen in Salzformationen			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.07.1999 bis 31.12.2001		<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.699.334,00 DM		<b>Projektleiter:</b> Dr. Herbert	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Eignung von Bentoniten als Dicht- und Verschlussmaterial in Untertagedeponien (UTD) und Endlagern in Salzformationen ist abhängig von der Langzeitstabilität der quellfähigen (Smektit- bzw. Montmorillonit-) Anteile. Für die Beurteilung der Langzeitstabilität im salinaren Milieu werden Tone unterschiedlichen geologischen Alters aus salinärer Umgebung untersucht. Es sollen Mechanismen und Faktoren identifiziert werden, die für die Umwandlung von Smektiten unter UTD-Bedingungen von Bedeutung sind. Weiterhin werden durch gezielte experimentelle Untersuchungen unter den besonderen Bedingungen einer UTD bzw. eines Endlagers Daten ermittelt, die Aussagen über Art, Mechanismus und Kinetik des Umwandlungsprozesses ermöglichen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

### (AP1) Vorlaufende Arbeiten

- Systematische Literaturrecherche zum Thema Umwandlung von Smektiten.
- Aufbau einer Literaturlistenbank zu diesem Thema
- Literaturlistenbewertung im Hinblick auf die Faktoren, welche die Umwandlung von Smektiten begünstigen und inwiefern diese UTD- bzw. endlagerrelevant sind

### (AP2) Untersuchung natürlicher Analoga, d. h. von Tonen aus salinärer Umgebung

- Probenbeschaffung: Beschafft werden Proben aus sedimentären Becken, die unterschiedlich lange in Salzlösungen bekannter Zusammensetzung dem Umwandlungsprozess ausgesetzt waren. Weiterhin werden Salztone aus Zechsteinsalzformationen untersucht.
- Probenuntersuchung: Alle Proben werden mittels TEM, XRD, AFM, XRD, ICP etc. charakterisiert. Untersucht werden Parameter wie: chemische und mineralogische Zusammensetzung der Tonminerale, insbesondere auch einzelner Aggregate, die auftretenden Wechsellagerungsstrukturen, die kristallographischen Modifikationen, Stapelfrequenzen, Morphologiefaktoren etc.

### (AP3) Experimentelle Arbeiten

Die Umwandlung von Montmorillonit wird unter UTD- und endlagerrelevanten Randbedingungen experimentell untersucht. In den Experimenten werden die Reaktionen von Montmorillonit mit zwei charakteristischen Salzlösungen, bei einem relevanten Feststoff-Lösungsverhältnis, bei drei Temperaturen, 25, 90 und 150 °C, mit und ohne Eisen sowie mit und ohne Zementzusatz beobachtet. Über einen Zeitraum von 600 Tagen werden alle 100 Tage Proben gezogen und mit den gleichen Methoden charakterisiert, die auch bei der Untersuchung der natürlichen Analoga eingesetzt werden.

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Die Literaturrecherche über die Illitisierung von Smektiten in salinärer Umgebung wurde vervollständigt und die Datenbank erweitert. Ergänzt wurde die Untersuchung natürlicher Analoga durch Auswertung von Bentonitvorkommen aus dem ostslowakischen Becken.

Die Versuchsreihe von Langzeituntersuchungen an der Na-belegten 2- $\mu$ m-Fraktion eines MX 80 (Bentonit) wurden aufgenommen. Die mit einer NaCl-CaSO<sub>4</sub>-gesättigten aber K-freien Lösung und einer NaCl-CaSO<sub>4</sub>-gesättigten aber K- und Mg-reichen IP21-Salzlösung versetzte Tonfraktion wird unter Beimischung von Fe- bzw. Zementkomponenten bei Temperaturen von 25-, 90- und 150°C getempert und periodisch beprobt. Die mineralogische und chemische Veränderung der Zusammensetzung der Fraktion nach 52 Tagen wurde ermittelt. Mit der chemischen Analyse der Feststoff- und Fluidphasen wurde begonnen. Hinsichtlich der Auswirkungen der Lösungszusammensetzung und der Temperatur auf das Wasseraufnahmevermögen der Tonfraktion wurden orientierende Messungen durchgeführt.

### 4. Ergebnisse

Die zugänglichen Publikationen, in denen der Einfluss salinärer Lösungen auf die Kinetik des Illitisierungsmechanismus berücksichtigt wird, unterscheiden sich erheblich bzgl. der Angabe von Umwandlungszeiten. Für die Bewertung einer irreversiblen Illitisierung unter UTD-Bedingungen sind die publizierten Erkenntnisse aufgrund häufig fehlender phasenanalytischer Untersuchungen nur begrenzt verwertbar. Die Quellfähigkeit von natürlichen Tonen aus dem ostslowakischen Becken wird neben der Versenkungstiefe von der Salinität der Umgebung stark beeinflusst.

Phasenanalytische Untersuchungen des getemperten Bentonits zeigen bereits nach 52 Tagen Reaktionszeit deutliche Änderungen im Phasenbestand des Ausgangsmaterials. TEM- und Elektronenbeugungsanalysen ergaben morphologische Änderungen und die Neubildung xenomorpher Partikel sowie eine Umstrukturierung der Stapelanordnung vom Montmorillonit. EDX-Punktanalysen liefern Hinweise auf die Bildung von Montmorillonit-Wechselagerungen mit einem Illitschichtanteil von bis zu 20 – 45 %. Die Ergebnisse von XRD-Analysen belegen die Neubildung von Illit-Montmorillonit-Wechselagerungsstrukturen. Für eine weitergehende Interpretation der Ergebnisse sind die z.Z. noch ausstehenden chemischen Analysen (ICP) und die Ergebnisse der weiteren Probungsreihen abzuwarten.

Zusätzlich untersuchte Proben zeigen eine deutliche Reduzierung der Wasseraufnahmefähigkeit, deren Ursache vermutlich auf die Reduzierung der Zwischenschichtladung zurückzuführen ist.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Die Literaturdatenbank über Illitisierungsprozesse und Einflüsse auf die Langzeitstabilität von Tonen wird vervollständigt bzw. erweitert. Die Langzeitversuche mit zwei relevanten Salzlösungen und Temperaturen von 25-, 90- und 150°C werden fortgeführt. Die Beprobung erfolgt periodisch mit einer anschließenden phasenanalytischen Untersuchung der Feststoffphase. Darüber hinaus wird die chemische Zusammensetzung des Feststoffmaterials und der Fluide ermittelt. An ausgewählten Proben werden das Quell- und das Wasseraufnahmevermögen ermittelt.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0669</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Hydraulische Kennwerte von tonhaltigen Mineralgemischen zum Verschluss von Untertagedeponien			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1999 bis 31.12.2002		<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.792.143,00 DM		<b>Projektleiter:</b> Dr.-Ing. Mieke	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Abdichtsysteme haben die Aufgabe, Ablagerungskammern gegenüber dem Grubengebäude zu verschließen. Der Verschluss darf nicht zu dicht sein, da sonst die durch die mikrobielle Zersetzung organischer Bestandteile bedingte Gasbildung hohe Drücke in den Kammern aufbauen kann. Als geeignete Abdichtmaterialien werden Tone angesehen. Ein Zusatz von Mineralen, wie Sand oder Splitt kann zu größerer mechanischer Stabilität und zu einer Optimierung der Durchlässigkeit beitragen. In Laborversuchen soll eine Datenbasis für die hydraulischen Kennwerte von Tonmineralgemischen unter Zweiphasenflussbedingungen erstellt werden. Die Wechselwirkung ausgewählter Materialmischungen mit Wirtsgesteinen wird optional überprüft. Geochemische Untersuchungen sollen Aussagen über die chemisch-mineralogischen Wechselwirkung der Fluide mit den Dichtmaterialien liefern. Numerische Modellrechnungen werden für die Auswertung und Interpretation der Versuche vorgenommen. Eine vergleichende Bewertung von Modell- und Versuchsergebnissen ermöglicht die ggf. erforderliche Weiterentwicklung der Modelle.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

**AP 1:** Ermittlung hydraulischer Kennwerte von Ton-Sand-Gemischen.

AS 1: Erweiterung der vorhandenen Datenbasis bezüglich hydraulischer Kennwerte von Ton-Sand-Gemischen in Abhängigkeit von der Wassersättigung.

AS 2: Bereitstellung hydraulischer Kennwerte von Ton-Sand-Gemischen in Abhängigkeit von der Laugensättigung.

**AP 2:** Orientierende Untersuchungen zur Übertragbarkeit der Ergebnisse des AP 1 auf Tongemische mit grobkörnigen Mineralbeimengungen.

**AP 3:** Überprüfung der Wechselwirkung eines Ton-Mineral-Gemisches mit dem Wirtsgestein an einem Bohrkern. (Option)

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Im Berichtszeitraum wurden zur Überprüfung des Einflusses der zur Probenherstellung verwendeten Wassermenge Proben der Mischungsverhältnisse Sand/Ton von 90/10, 75/25 und 50/50 mit einer konstanten Wassermenge von 20 ml, bezogen auf 500 g Trockenmasse, hergestellt. An diesen Proben wurden die Porositäten und die Gaspermeabilitäten ermittelt. Weiterhin erfolgten Messungen zum Zweiphasenflussverhalten mit Wasser an 6 Proben des Mischungsverhältnisses 90/10. Da die aus dem Projekt "Untersuchungen zum Zweiphasenfluss und diffusiven Transport in Tonbarrieren und Tongesteinen" (02 E 9017) vorhandene Datenbasis bzgl. der hydraulischen Kennwerte von Sand-Ton-Gemischen erweitert werden soll, wurde aufgrund der Ergebnisse bei der Bestimmung der Porositäten und der Gaspermeabilitäten, an den Proben mit der konstanten Wassermenge, die sich deutlich von denen im obigen Projekt unterschieden, wieder dazu übergegangen, Proben mit einer auf den Tonanteil bezogenen Wassermenge herzustellen. Der Wasser/Ton-Faktor betrug dann wieder 0,4. Die Messungen zur Ermittlung der effektiven Gaspermeabilität und des Kapillardruckverlaufs in Abhängigkeit von der Wassersättigung an den Proben des Mischungsverhältnisses 90/10 sind abgeschlossen und befinden sich in der Auswertung.

### 4. Ergebnisse

Die o. g. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Porositäten der Proben mit einem Sand/Ton-Verhältnis von 75/25 und 50/50, die mit einer konstanten Wassermenge bezogen auf die Trockenmasse hergestellt wurden, mit Werten von ca. 14,5 % und 13,5 % im Vergleich zu den Proben, die mit einem konstanten Wasser/Ton-Verhältnis hergestellt wurden, deutlich niedriger ausfielen. Ebenso waren die Gaspermeabilitäten dieser Proben um ein bis zwei Größenordnungen kleiner. Die Proben mit dem Mischungsverhältnis Sand/Ton von 90/10 zeigten vergleichbare Porositäten zwischen 20,5 % und 21,2 %. Die einphasigen Permeabilitäten für Gas lagen bei diesen Proben bei  $2,5 \cdot 10^{-13}$  bis  $2,9 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2$  und die für Wasser bei  $8,8 \cdot 10^{-16}$  bis  $3,3 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$ .

### 5. Geplante Weiterarbeiten

- Bestimmung der Einphasenpermeabilitäten für Gas und Wasser sowie der Zweiphasenflussparameter (relative Gaspermeabilität, Kapillardruckverlauf) an Proben des Mischungsverhältnisses Sand/Ton von 75/25 mit Wasser.
- Bestimmung der Einphasenpermeabilitäten für Gas und Q-Lauge sowie der Zweiphasenflussparameter (relative Gaspermeabilität, Kapillardruckverlauf) an Proben des Mischungsverhältnisses Sand/Ton von 90/10 mit Q-Lauge.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0679</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Erstellung und Nutzung einer Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung methodenabhängiger Informationen zum Mobilisationsverhalten und zum Schadstoffpotential von organisch und anorganisch belasteten Feststoffen			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1999 bis 30.09.2001		<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 935.111,00 DM		<b>Projektleiter:</b> Dr. Mönig	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die in der nationalen und internationalen Literatur veröffentlichten und bei den am Vorhaben beteiligten Institutionen vorliegenden Ergebnisse und Daten physikochemischer Experimente (mit Relevanz für die Schadstoffmobilisation und damit den Stofftransport auf dem Wasserpfad in der Geo- und Biosphäre) sollen im Hinblick auf deren Verwendbarkeit (z. B. Elemente, Versuchs-Randbedingungen, Gesteinsmatrix) im Rahmen eines Langzeitsicherheitsnachweises für untertägige Abfallentsorgungsmaßnahmen bewertet und in einer sog. Mobilitätsdatenbank (AMANDA) zusammengestellt werden. Grundlage für diese Datenbank bildet dabei die bereits in der Praxis erprobte Abfallanalysendatenbank (ABANDA) des Nordrhein-Westfälischen Landesumweltamtes (LUA NRW). Da der Schwerpunkt der Studie in einer breiten Erfassung von mit unterschiedlichen Untersuchungsverfahren und an einem weiten Spektrum von Abfällen ermittelten Elutionsdaten besteht, werden nicht ausschließlich Untersuchungen zum Verhalten von Schwermetallen berücksichtigt, sondern im Rahmen der Verfügbarkeit auch Verfahren und Daten zum Verhalten organischer Verunreinigungen und von Haldenmaterialien aufgenommen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Durchführung des Vorhabens ist in folgenden Arbeitsschritten konzipiert:

1. Datenrecherchen zur Aktualisierung der bereits vorhandenen Zusammenstellung international verwendeter Untersuchungsverfahren zur Schadstoffmobilität sowie vorliegender Untersuchungsergebnisse
2. Entwicklung und Einrichtung einer für das Vorhaben geeigneten Datenbankversion auf der Basis der Abfallanalysendatenbank ABANDA
3. Sammlung und Eingabe von Daten aus Elutions-, Säulen-, Lysimeter- und Kaskadenversuchen, die von den Projektpartnern durchgeführt wurden, bzw. in der Literatur zugänglich sind, mit Überprüfung auf Vollständigkeit und Widerspruchsfreiheit der Daten
4. Datenauswertung mit AMANDA sowie Bereitstellung von Schnittstellen zur externen fortgeschrittenen statistischen Analyse der Daten

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

- Die Datenrecherche zur Aktualisierung der bereits vorhandenen Zusammenstellung international verwendeter Untersuchungsverfahren zur Schadstoffmobilität wurde abgeschlossen.
- Die in die Datenbank aufzunehmenden Parameter der Versuchsbedingungen und der Ergebnisdaten wurden spezifisch für die verschiedenen Arten von Auslaugversuchen detailliert festgelegt. Diese Festlegungen dienen als Basis für die Anforderungen an die Datenbankprogrammierung.
- Zu Testzwecken wurde bei allen Projektpartnern eine Vorläuferversion der Datenbank AMANDA installiert und eingesetzt.
- Die Datenrecherche zu vorliegenden Ergebnissen von Untersuchungen zur Schadstoffmobilität wurde fortgesetzt.

### **4. Ergebnisse**

keine

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

- Fortführung der Recherche und Erfassung von Daten zum Mobilisationsverhalten von Schadstoffen aus Abfällen
- Fortsetzung der Datenvalidierung
- Beginn der Programmierungsarbeiten für die Datenbank AMANDA

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

keine

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

keine



<b>Auftragnehmer:</b> GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0689</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Gasfreisetzung aus chemisch-toxischen Abfällen in Untertagedeponien		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1999 bis 30.09.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 2.060.278,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Hagemann	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In Fortführung abgeschlossener und laufender Forschungsvorhaben sind in diesem Projekt vergleichende Untersuchungen zur Gasfreisetzung aus UTD-relevanten und UTV-zugelassenen Abfällen vorgesehen. Hierbei soll insbesondere geklärt werden, welche Abfallarten unter trockenen Ablagerungsbedingungen oder nach Zutritt von Gebirgslösungen gasbildend sind, wie hoch ihr Gasbildungspotential ist und welche Gasdrücke sich in den Ablagerungskammern unter ungünstigsten Bedingungen ausbilden können.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Ausgehend von früheren Arbeiten ist eine standardisierbare Methodik zur Messung der Gasfreisetzung aus chemisch-toxischen Abfällen zu entwickeln, die sowohl die kontinuierliche Bestimmung des Druckaufbaus als auch Aufschlüsse über die quantitative Zusammensetzung der entstehenden Gase zulässt.
- Es ist eine systematische Querschnittsuntersuchung bei UTD-relevanten und UTV-zugelassenen Abfallarten vorzunehmen. Hierzu wird eine jeweils repräsentative Probenzahl beschafft und chemisch wie auch mineralogisch charakterisiert. Möglichst kurzfristig nach Eingang der Abfallproben wird deren Gasfreisetzungspotential in Abhängigkeit von verschiedenen Versuchsparametern (Temperatur, Reaktionslösung, mikrobielle Aktivität) untersucht.
- Aus den experimentellen Daten werden Modellvorstellungen entwickelt, mit denen mittelfristige Aussagen über Gasentwicklungspotentiale unter Einlagerungsbedingungen getroffen werden können. Es sind diejenigen Abfallarten und Gasbildungsprozesse zu identifizieren, die langfristig zu einem erhöhtem Druckaufbau und damit zu einem Sicherheitsrisiko führen könnten.

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

Im Berichtszeitraum wurden Kontakte mit Abfallproduzenten und -entsorgern aufgebaut, um für die anstehenden Untersuchungen eine breite Auswahl an Abfallproben zur Verfügung zu haben. Die zu Beginn der Projektes angestrebte Mindestzahl an Abfallproben wurden inzwischen fast erreicht. Die röntgendiffraktometrische Charakterisierung der Abfälle ist weitgehend abgeschlossen. Die Ergebnisse werden zur Zeit durch chemische Analysen ergänzt.

Es wurden neue Messsystemkomponenten für die Gaschromatographie in Betrieb genommen. Die Entwicklung der Methode zur Gasanalytik mit GC ist abgeschlossen. Zur Zeit finden Validierungsmessungen statt. Die verwendeten Druckmessköpfe wurden kalibriert.

Die Entwicklung der Methode zur Bestimmung der Gasentwicklung wurde fortgesetzt.

Es wurde eine Messreihe zur Bestimmung des langfristigen Gasentwicklungspotentials angesetzt. Die geplante Versuchsdauer beträgt bei diesen Ansätzen mindestens ein Jahr.

### **4. Ergebnisse**

Erste experimentelle Ergebnisse zeigen ein massives Gasentwicklungspotential bei Batterien und Filterstäuben. Die Prozesse, die zur Gasentwicklung führen, sind von starker Wärmetönung begleitet.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Abschluss der Methodenentwicklung für Gasentwicklungsmessungen. Fortführung der chemischen und röntgenographischen Analysen von Abfallproben. Beginn von Serienmessungen an beschafften Abfallproben.

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

keine

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

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> K-UTEC, Am Petersenschacht 7, 99706 Sondershausen		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0699</b>	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Untersuchungen zur Entwicklung, Anwendung und Eignung von mineralischen Gelen und Bindemittelsystemen auf Sorelbasis zur Einbettung und Sorption schadstoffhaltiger Abfallstoffe und zur Verbesserung der Barrierewirkung von Versatz			
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1999 bis 30.09.2001		<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.101.590,00 DM		<b>Projektleiter:</b> Dipl.-Ing. König	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Gegenstand des Vorhabens sind Untersuchungen zur Herstellung und von Anwendungseigenschaften spezieller mineralischer Gele für die Einbettung chemisch-toxischer und/oder durch Schwermetalle belasteter Stoffe in Verbindung mit deren Endlagerung in Salzformationen. Ziel der Untersuchungen ist es, einen rein mineralischen, unter Sole oder an Luft erhärtenden aber dauerplastischen Stoff zu schaffen, in dem Schadstoffe eingebettet werden können und der inert zu den umgebenden Salzgesteinen, den eingebetteten Stoffen und im Schadensfall zutretenden Salzlösungen ist.

Ziel der Entwicklung sind pumpbare und nach dem Einbringen erhärtende Stoffe auf Gelbasis, welche eine hohe Resistenz und Stabilität haben, das Restvolumen von Einlagerungskammern selbstnivellierend ausfüllen und aufgrund ihrer chemischen Natur die minimale Elution für Schwermetalle und ggf. Nuklide gewährleisten.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Arbeitspaket 1: Labor- und Technikumsuntersuchungen zur Herstellbarkeit von mineralischen Gelen und deren physikalische Parameter vor, während und nach dem Aushärtvorgang

Arbeitspaket 2: Labor- und Technikumsuntersuchungen zum Verhalten ausgewählter Stoffsysteme gegenüber verschiedenen Einflussfaktoren (Einlagerung in NaCl-Sole mit verschiedenen pH-Werten, Einlagerung in Q-Lauge, Verhalten in trockener Luft, Verhalten bei erhöhten Temperaturen, Verhalten gegenüber Wirtsgesteinen, Bestimmung mechanischer Parameter

Arbeitspaket 3: Labor- und Technikumsuntersuchungen zum Elutionsverhalten von im Gel eingebetteten Stoffen, insbesondere Schwermetallen

Arbeitspaket 4: Technikumsuntersuchungen zur Verstärkung der Barrierewirkung von eingebrachtem Versatz durch mineralische Gele

Arbeitspaket 5: Beobachtungen eines komplexen Systems aus natürlichen Salzgesteinen, Gelkörpern mit eingebetteten Stoffen und Fluiden unter den Bedingungen der freien Konvektion bzw. Durchströmung im Modellversuch

### 3. Durchgeführte Arbeiten

#### Arbeitspaket 1:

Herstellung verschiedener Arten mineralischer Gele im Labormaßstab auf der Grundlage von

KCl-NaCl-MgCl<sub>2</sub>-MgSO<sub>4</sub>-Lösung als Lösungsphase

MgO/Mg(OH)<sub>2</sub>-CaO/Ca(OH)<sub>2</sub> als mineralisches Bindemittel

Füllstoffe: Dolomitmehl, Kalksteinmehl, Anhydritsteinmehl

weitere Füllstoffe werden noch in die Untersuchungen einbezogen

Ermittlung der Kenndaten wie Scherfestigkeit, einachsiale Druckfestigkeit, K<sub>F</sub>-Wert usw.

#### Arbeitspaket 2:

Herstellung von Gelen nach 16 verschiedenen Rezepturen,

Langzeituntersuchungen des Verhaltens der Prüfkörper gegenüber NaCl-Sole (neutral, pH 2 und pH 12) und Q-Sole,

Untersuchen des Verhaltens der Prüfkörper gegenüber trockener Luft,

erste Untersuchungen des Verhaltens der Prüfkörper bei verschiedenen Temperaturen,

Beschaffung und Vorbereitung von Salzprüfkörpern.

#### Arbeitspaket 3:

Es wurden 6 verschiedene Schwermetallsulfate in Tablettenform (a 50 g) in 5 verschiedene Gele eingebettet. Eine Aussage über die Ausbreitung der Schwermetalle im Gel kann erst zu einem späteren Zeitpunkt getroffen werden,

Vorbereitungen der Säulen für Perkolationsversuche von Schwermetalllösungen durch verschiedene Gele.

#### Arbeitspaket 4:

Darstellung mineralischer Gele mit Salzgrus und Ermittlung physikalischen Parameter wie K<sub>F</sub>-Wert, Porosität, Wassergehalt, Einbaudichte usw.

#### Arbeitspaket 5:

Auswahl der Apparaturen und Vorbereitung der Standversuche zur Beobachtung des komplexen Systems aus natürlichem Salzgestein und Gelkörpern,

Beschaffung und Vorbereitung von Salzprüfkörpern.

### 4. Ergebnisse

Die ermittelten Stoffdaten der Arbeitspakete 1 und 2 liegen vor (Scherfestigkeit, einachsiale Druckfestigkeit, K<sub>F</sub>-Wert, Erstarrungsverhalten nach VICAT, Druck-Verdichtungsverhalten usw.).

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Weiterarbeiten wie im Arbeitsplan angegeben.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> IIF e.V., Permoserstr. 15, 04318 Leipzig		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 C 0709</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Geochemische Untersuchungen zur Retention von geogenen/anthropogenen Kohlenstoffverbindungen für toxische Schwermetalle		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1999 bis 30.09.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 750.000,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Kupsch	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Geochemische Rückhaltebarrieren, insbesondere Deposite geogener/anthropogener Kohlenstoffverbindungen, können gegenüber Schwermetallen als Senke fungieren und bei geeigneten konstanten geochemischen Parametern (Eh, Ionenstärke, pH-Wert) langfristig stabil sein. Es soll die Bildung, die Reaktivität und die Stabilität von Depositen geogener/anthropogener Kohlenstoffverbindungen auf geeigneten Matrices und die damit verbundenen Stoffumsätze, insbesondere mit toxischen Schwermetallen, untersucht werden. Dazu wird die Ausbildung von Oberflächendepositen und deren Stabilität und Einfluss auf die Schwermetallsorption in Abhängigkeit von geochemischen Parametern untersucht. Ausgangspunkt für diese Experimente sind die von der GRS an verschiedenen Standorten durchgeführten Untersuchungen. Die wesentlichen Ergebnisse des Vorhabens werden aus innovativen Bewertungskonzepten und Erfahrungen bestehen, die in konkreten Anwendungsfällen in die Kalkulation der Kosten und der Umweltverträglichkeit des Entsorgungskonzeptes einfließen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Präparative Arbeiten: Extraktion und Radiomarkierung geogener und anthropogener Kohlenstoffverbindungen (Herkunft: Oberflächenwasser, Deponieinventar, Grundwässer)
- Bestimmung der Sorptionskoeffizienten für toxische Schwermetalle in Abhängigkeit von geochemischen Parametern (pH-Wert, Redoxverhältnis und Elektrolytangebot) in Abwesenheit geogener und anthropogener Kohlenstoffverbindungen an Modellmatrix und Geomatrices
- Untersuchungen zur Bildung, Zusammensetzung und Stabilität von Oberflächendepositen geogener / anthropogener Kohlenstoffverbindungen auf Modellmatrix und Geomatrices in Abhängigkeit von geochemischen Parametern (pH-Wert, Redoxverhältnis und Elektrolytangebot)
- Bestimmung der Sorptionskoeffizienten für toxische Schwermetalle in Abhängigkeit von geochemischen Parametern (pH-Wert, Redoxverhältnis und Elektrolytangebot) in Gegenwart geogener und anthropogener Kohlenstoffverbindungen an Modellmatrix und Geomatrices
- Identifizierung der an den Elektrolytwechselwirkungen beteiligten reaktiven Kohlenstoffverbindungen mit der Methode der radioaktiven Doppelmarkierung nach der Extraktion und der Fraktionierung
- Aufklärung des Retentionsvermögens der identifizierten reaktiven Kohlenstoffverbindungen hinsichtlich ihrer Adsorptionskapazität und deren Stabilität bei Parameteränderung des geochemischen Systems mit der Methode der radioaktiven Doppelmarkierung
- Abschließende Auswertung, Dokumentation und Schlussberichterstellung

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- Präparative Abtrennung (Extraktion) von natürlichen Humin- und Fulvinsäuren auf der Grundlage der Vorschrift der IHSS an natürlichen huminstoffhaltigen Wässern (Carlsfeld, Oberes Westerggebirge) im Vergleich zu kommerziell erhältlichen Huminsäuren
- Arbeiten zur Entwicklung einer Methode zur Herstellung von  $^{131}\text{I}$ -markierten Huminsäuren
- Bestimmung der Sorptionskoeffizienten für toxische Schwermetalle (Zn, Cd) in Abhängigkeit vom pH-Wert in Abwesenheit geogener und anthropogener Kohlenstoffverbindungen an Modellmatrix (Seesand)
- Bestimmung der Sorptionskoeffizienten für Huminsäure in Abhängigkeit vom pH-Wert in Abwesenheit toxischer Schwermetalle an Modellmatrix (Seesand) mittels TOC-Analyse, UV-Spektroskopie und  $^{131}\text{I}$ -Markierung

### 4. Ergebnisse

Mit einer kommerziellen Huminsäure (Aldrich) ergeben sich für die  $^{131}\text{I}$ -Markierung chemische Ausbeuten von 50 bis 75 % (pH 5 und 8). Die Trennung von nicht reagiertem Iod und der markierten Huminsäure basiert auf einer Ultrafiltration (3000 Dalton). Bei Tageslicht erfolgt eine langsame Deiodierung der Huminsäuren in wässriger Lösung.

Der für die Sorptionstudien verwendete Seesand (Korngröße 200 bis 300  $\mu\text{m}$ ) besitzt eine spezifische Oberfläche  $< 0,17 \text{ m}^2/\text{g}$ .  $\text{Cd}^{2+}$  und  $\text{Zn}^{2+}$  werden bei pH 5, 6 und 7 und einem Metallkonzentrationsbereich von 1 bis 30 mg/l im Batchexperiment nicht signifikant adsorbiert. Die maximale Beladungskonzentration für Huminsäure an Sand wurde mittels TOC-Analyse im Batchexperiment ermittelt und beträgt 7.27 mg TOC / kg Sand bei einem pH-Wert von 5. Für die  $^{131}\text{I}$ -markierte Huminsäure wurde ebenfalls die maximale Beladungskonzentration zu 1.15 mg/kg bestimmt. Bei Mischungsverhältnissen, die eine UV-Messung ermöglichen, zeigt sich bei pH 5, 6 und 7 eine Nichtlinearität zwischen dem UV-Signal und der freien Huminsäurekonzentration. Die Ergebnisse zeigen die hohe Dringlichkeit der Validierung von Adsorptionsisothermen von Huminstoffen, bei denen nicht die Proportionalität des Messsignals gewertet werden kann.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

- Fortführung der Sorptionsstudien für geogene / anthropogene Kohlenwasserstoffverbindungen in Abhängigkeit von geochemischen Parametern in Abwesenheit toxischer Schwermetalle an Modellmatrizes und Geomatrizes
- Fortführung der Bestimmung der Sorptionskoeffizienten für toxische Schwermetalle in Abhängigkeit von geochemischen Parametern in Abwesenheit geogener und anthropogener Kohlenstoffverbindungen an Modellmatrizes und Geomatrizes im ppm- und ppb-Bereich

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

keine



## **2.4 W-Vorhaben**



<b>Zuwendungsempfänger:</b> FZ-Jülich, Postfach 19 13, 52425 Jülich		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 W 6218</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entwicklung digitaler Safeguardstechniken zur Verbesserung der Effektivität und der Kosteneffizienz und Anpassung an das neue Safeguardssystem INFCIRC/540		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.1999 bis 31.12.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 2.497.738,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Stein	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Jahre 1997 beschloss der Gouverneursrat der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) die Einrichtung eines neuen Safeguardssystems zur Stärkung der Effektivität und der Effizienz der IAEO-Kontrollen. Das IAEO-Ziel ist die Entdeckung nichtdeklarerter Aktivitäten und Anlagen in den kontrollierten Staaten sowie die Überprüfbarkeit der Vollständigkeit und Korrektheit der Deklarierungen dieser Staaten.

Weiterhin soll das bestehende INFCIRC/153-Überwachungssystem mit dem neuen INFCIRC/540-System zusammengeführt werden (Integrated Safeguards System). Die generelle Zielsetzung ist hierbei, den Inspektionsaufwand der IAEO zu reduzieren durch geeignete Zusammenarbeit mit der Euratom-Behörde im Rahmen des New Partnership Approach.

Die jüngsten Forschungsarbeiten und Diskussionen bei der IAEO haben gezeigt, dass das Ziel der Kosten- und Ressourcenschonung durch den Einsatz zweier neuer Elemente erreicht werden könnte:

- I. Vernetzbare, miniaturisierte, fernabfragbare Überwachungstechniken und
- II. Auswertung von 'open information sources' und hier insbesondere von Daten satellitengestützter Sensoren (Satellitenerkundung).

Das Vorhaben baut auf den Ergebnissen des vorangegangenen Vorhabens 02 W 6184 auf.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

### TEIL I: Vernetzbare, miniaturisierte, fernabfragbare Überwachungstechniken

- a) Festlegung der Geräte-Anforderungen
- b) Festlegung der Geräte-Funktionen
- c) Entwicklung eines Laborprototypen
- d) Demonstration und Test des Laborprototypen
- e) Festlegung der Spezifikationen des Seriengerätes
- f) Entwicklung des Seriengerätes
- g) Demonstration und Test des Seriengerätes im integrierten System mit Video und Fernabfrage
- h) Analyse der Kostenreduktion für die IAEO und Euratom

### TEIL II: Auswertung von Open Information Sources (Satellitenerkundung)

- a) Einordnung der Satellitenüberwachung in die Konzeption und Philosophie der Open Sources
- b) Untersuchung der Synergie-Effekte der Satellitenüberwachung und anderer Kontrollsystem
- c) Entwicklung von Methoden zur Unterstützung der IAEO-Routineaktivitäten
- d) Identifizierung von Indikatoren zur Entdeckung nichtdeklarerter Anlagen oder Aktivitäten

- e) Analyse der Kostenreduktion für die IAEO
- f) Abschlussbericht

### 3. Durchgeführte Arbeiten

#### TEIL I: Vernetzbare, miniaturisierte, fernabfragbare Überwachungstechniken

Zur Entwicklung des digitalen Vielkanal-Analysators fand im März eine Projektsitzung mit der IAEO und Euratom beim Entwickler statt. Das in Ahaus installierte Datenfernabfragesystem mit drei digitalen Videokameras wurde weiterhin täglich von Luxemburg aus abgefragt. Im Februar fanden Projektsitzungen in Ahaus und Luxemburg statt.

#### TEIL II: Auswertung von Open Sources (Satellitenerkundung)

In einer Kooperation mit der BGR/Hannover wurden 2 Landsat-Bilder über Rhajasthan/Indien ausgewertet, um das MAD-Verfahren (Multivariate Alteration Detection) hinsichtlich der Detektion unterirdischer Nukleartests zu prüfen. Zur Ergänzung der automatischen Passpunktbestimmung wurde ein „corner detection“-Algorithmus implementiert.

### 4. Ergebnisse

#### TEIL I: Vernetzbare, miniaturisierte, fernabfragbare Überwachungstechniken

Hinsichtlich des digitalen Vielkanal-Analysators wurden drei vom Entwickler vorgeschlagenen Alternativkonzepte diskutiert. Der Testbetrieb der Datenfernabfrage zwischen Ahaus und Luxemburg lief verlustfrei. Weitere Systemverbesserungen an der Software wurden in Ahaus und Luxemburg vorgenommen.

#### TEIL II: Auswertung von Open Sources (Satellitenerkundung)

Das MAD-Verfahren zeigte ein sehr klares Signal an der vermeintlichen Stelle des indischen Tests vom 11.05.1998. Mit dem Ergebnis lassen sich seismische Bestimmungen des Tests kalibrieren.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

#### TEIL I: Vernetzbare, miniaturisierte, fernabfragbare Überwachungstechniken

Der Entwickler erarbeitet z.Zt. einen endgültigen Konzeptvorschlag für den digitalen Vielkanal-Analysator, der im Rahmen einer Projektsitzung verabschiedet werden soll. Der Datenfernabfragetest in Ahaus soll unter neuen technischen Randbedingungen weiterlaufen, die Anfang Juli in Jülich vereinbart werden.

#### TEIL II: Auswertung von Open Sources (Satellitenerkundung)

Mit hochauflösenden IKONOS-Bildern über Kushab/Pakistan sollen mittels Änderungsdetektion Aktivitäten im militärischen Plutoniumproduktionskomplex untersucht werden. Ähnliche Untersuchungen sind für die zivilen Anlagen Douglas Point und Pickering in Kanada geplant.

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

zur Zeit nicht zutreffend

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Canty, M.J.; Jasani, B.; Truong, B.: Satellite Imagery for Nuclear Safeguards: The Bruce Nuclear Power Development Site. 22<sup>nd</sup> Annual ESARDA Meeting, Dresden, May 8-12, 2000.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> FZ-Jülich, Postfach 19 13, 52425 Jülich		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 W 6228</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Das "gestärkte Safeguardssystem" und die Nichtverbreitungs-Herausforderungen -Perspektiven und innovative Lösungsansätze-		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung der Kern- materialüberwachung		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.1999 bis 31.12.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.248.996,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Stein	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Am Ende des 20. Jahrhunderts stellt sich das internationale Nichtverbreitungsregime als von Widersprüchen gezeichnet dar. Nicht alle seine Komponenten sind so gefestigt, dass sie anhaltenden, starken Anfechtungen standhalten könnten. Die Staatengemeinschaft und damit auch Deutschland müssen eine fortlaufende, regelmäßige Überprüfung und Anpassung seiner Komponenten sicherstellen, um vorhandene Probleme zu lösen. Im Vordergrund des Projektes stehen folgende miteinander verwobene Problemfelder:

- Steigerung der Effizienz und Effektivität der Safeguards, speziell die Integration von INFCIRC/153 und INFCIRC/540;
- Weiterentwicklung des Nichtverbreitungsregimes;
- Überwachungsmaßnahmen für ein Cut-off-Abkommen vor dem Hintergrund von INFCIRC/540;
- Synergien aus Verifikationsabkommen zur Eindämmung von Massenvernichtungswaffen.

Durch Studien und im Rahmen einer Arbeitsgruppe werden wissenschaftlich fundierte und politisch umsetzbare Hinweise für eine sachgerechte, konsensfähige deutsche Nichtverbreitungs- und nuklearrelevante Technologiepolitik gegeben.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Einrichtung eines Arbeitskreises aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zur Diskussion und Weiterentwicklung der Nichtverbreitungspolitik.

Erarbeitung von Studien zu den Problemfeldern

- Gestärktes Safeguardssystem (Effizienz und Effektivität),
- Überwachung eines Cut-off-Abkommens,
- Synergien der Verifikationssysteme.

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Am 29. Februar 2000 fand im Haus der Landesvertretung NRW beim Bund eine Sitzung des Arbeitskreises "Nichtverbreitung und Safeguards" statt. Anwesend waren etwa 40 Expertinnen und Experten aus Politik, Administration, Wissenschaft und den Medien. Schwerpunktthema war die Non-Proliferationspolitik der USA:

- ❖ "Challenges Ahead for Nuclear Non-Proliferation: The View from the US" (Dr. M. Rosenthal, Department of State)
- ❖ U.S. Nonproliferation Policy in Disarray (Andreani, IISS, London)
- ❖ The Non-Proliferation Policy of the Clinton Administration" (J. Krause, Forschungsinstitut der DGAP).

Außerdem unterrichtete VLR I V. Stanzel (AA, Berlin) über "Disposition of Russian Weapons Plutonium in European Electricity Production?".

Fortgeführt wurden die Arbeiten zur Entwicklung von Transparenzkriterien und zur Informationsverarbeitung beim Safeguarding. Erste Ergebnisse wurden bei der Tagung des ESARDA in Dresden im Mai 2000, die mit wesentlicher Beteiligung der am Projekt beteiligten FZJ-Wissenschaftler vorbereitet und durchgeführt wurde, sowie auf einer IAEA-Tagung in Wien einem internationalen Publikum vorgestellt.

Dr. Stein wurde von der Bundesregierung als Experte in die deutsche Delegation zu der NPT-Überprüfungskonferenz in New York hinzugezogen.

### 4. Ergebnisse

Bei den Verhandlungen über die Entsorgung von entmilitarisiertem Waffenplutonium stehen die konzeptionellen und praktischen Schritte zur Verifikation des Materials sowie seiner "Beseitigung" und die Rolle, die das MOX-Projekt dabei spielen kann, im Vordergrund. Dabei rückte die Möglichkeit, die stillgelegte MOX-Anlage aus Hanau nach Russland zu exportieren, in den Mittelpunkt der Diskussion. Probleme bereitet diese Option eher aus deutschen innenpolitischen denn aus anderen Gründen.

Die Bilanz der US-Nichtverbreitungspolitik fällt durchaus kontrovers aus. Während die Administration die Erfolge der Nichtverbreitungspolitik betont und das Interesse der Administration hervorhebt, ein starkes multilaterales NV-Regime am Leben zu erhalten und es aktiv durch die USA zu unterstützen, werden die Prämissen und Prioritäten des US-Non-Proliferationspolitik von einigen Wissenschaftlern deutlich kritischer gesehen. Es gebe seit den 90er Jahren eine übertriebene Furcht in den USA vor Massenvernichtungswaffen, unrealistische Vorstellungen von der Verwundbarkeit der USA, eine zu starke Konzentration auf "Schurkenstaaten", eine Abneigung gegen multilaterale Rüstungskontrolle sowie eine Neigung zur Selbsthilfe auf Kosten des Multilateralismus. Um diese Politik der USA zu verstehen, ist die Betrachtung der Wechselwirkung von Innen- und Non-Proliferationspolitik notwendig. Insgesamt bestätigten die Diskussionen, dass der Diskussion der transatlantischen Politik zur Non-Proliferation zu wenig Raum gelassen werde. Die Arbeitsgruppe sei einer der ganz wenigen Orte, an dem systematisch diese Diskussion unter Beteiligung diverser Akteure geführt werden können.

Die Arbeiten zur Entwicklung von Transparenzkriterien wurden konkretisiert, indem ein Szenario entworfen wurde, in dem ein Brennelement heimlich aus dem FZJ entfernt werden soll. Darauf aufbauend sollen die geeigneten "Messpunkte" identifiziert werden, die ein solches Vorgehen identifizieren würden.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Die nächste Sitzung des Arbeitskreises wird Anfang Juli 2000 in Bonn stattfinden. Fortführung der Arbeiten zu Transparenzkriterien, Informationsverarbeitung und "Integrierte Safeguards".

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Vorträge: W.-D. Lauppe, G. Stein: Integration of Safeguards, ESADRA, Dresden, 8.-12.5.2000

W. Fischer, Societal transparency - a sensible tool?, ESARDA, Dresden, 8.-12.5.2000



## **2.4 S-Vorhaben**



<b>Zuwendungsempfänger:</b> VKTA, Postfach 510 119, 01314 Dresden		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7738</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entwicklung und prototypische Anwendung eines In-situ-Röntgenfluoreszenz-Gammaspektrometers zur Detektion der Schwermetallkontamination (Th, U, Pu) beim Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.03.1998 bis 28.02.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 752.000,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Kahn	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, ein Verfahren zur In-situ-Bestimmung und Bewertung von Schwermetallkontaminationen (Th, U, Pu) durch kombinierte Gamma-/Röntgenfluoreszenzspektroskopie zu entwickeln und zu testen. Die durch eine Gammastrahlungsquelle in der Probe angeregte Röntgenfluoreszenzstrahlung der Kontaminanten wird mit einem kollimierten Germaniumdetektor gemessen. Dadurch wird eine wesentlich empfindlichere Bestimmung der Schwermetallkontamination erreicht. Wegen der unterschiedlichen Reichweiten der Gamma- und Röntgenstrahlung kann zusätzlich zwischen Oberflächen- und Volumenaktivität unterschieden werden. Dies ermöglicht Aussagen zur Tiefenverteilung der Kontamination und damit zu einem gezielten Abtrag des kontaminierten Materials. Ebenso wird die Unterscheidung zwischen durch künstliche Radionuklide verursachte Oberflächenkontamination und im Volumen vorhandener natürlicher Radioaktivität möglich. Ziel ist die Minimierung endzulagernden Abfalls beim Rückbau kerntechnischer Anlagen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Konstruktion, Bau und Kalibrierung des Röntgenfluoreszenzspektrometers und der Bestrahlungseinrichtung, Bestimmung der Spektrometerparameter
- AP2: Vergleich der ersten Untersuchungsergebnisse mit Messungen mittels der low-level Gammaspektrometrie und Messungen mit Kontaminationsmonitoren, weitere Arbeiten zur Kalibrierung des Röntgenfluoreszenzspektrometers
- AP3: Qualifizierung der Methode durch prototypische Messungen zur selektiven Bestimmung der Kontamination mit Th-, U- und Pu-Isotopen sowie durch Messungen zur Deklaration von Abschirmmaterialien mit einem erheblichen Anteil von natürlichen Radionukliden.

### 3. Durchgeführte Arbeiten

zu AP2:

- Präparation uran- und thoriumhaltiger Betonproben unterschiedlicher Dicke,
- Bestimmung der Eichkurven für den Nachweis von Uran und Thorium mit der mobilen Einrichtung RFA1 zur Untersuchung horizontal ausgerichteter Flächen (Fussböden),
- Bestimmung der Nachweisgrenzen für Uran und Thorium in Beton,
- Reduzierung des durch incohärente Streuung erzeugten Untergrundes,
- Weiterführung der mechanischen Arbeiten an der mobilen Messeinrichtung RFA2 zur Untersuchung vertikal ausgerichteter Flächen (Wände) und von Proben.

### 4. Ergebnisse

zu AP3:

- Nachweisgrenze für Uran in Beton: 13 ppm (Messzeit 50.000 s, Messeinrichtung RFA1),
- Nachweisgrenze für Thorium in Beton: 23 ppm (Messzeit 5.000 s, Messeinrichtung RFA1),
- Verringerung der Nachweisgrenze für Uran in Beton auf 9 ppm (Messzeit 50.000 s) durch Einbau einer Goldfolie (Dicke 100  $\mu\text{m}$ ) im Detektorkollimator. Dies entspricht etwa 0,1 Bq/g  $U_{\text{nat}}$
- Nachweisgrenze für Uran auf Stahl (VA): 37  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , resp. 0,48 Bq/cm<sup>2</sup>.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

- Fertigstellung der Messeinrichtung RFA2, gekennzeichnet durch variable Messgeometrie,
- Präparation dünner uran- und thoriumhaltigen Schichten auf verschiedenen Materialien,
- erste Messungen an Pu-haltigen Proben.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Proc. VI. Stilllegungskolloquium Hannover und 5. Statusbericht „Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen“, 13.-14.04.2000, S. 285-295

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Uni-Dortmund, August-Schmidt-Str. 4, 44227 Dortmund		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7758</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entwicklung und Qualifizierung neuer Zerlege- und Dekontaminationstechniken für den Rückbau von Forschungsreaktoren unter dem Gesichtspunkt der Kostenminimierung		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.09.1998 bis 31.08.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 2.131.070,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Ing. Bach	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Beim Rückbau von Forschungsreaktoren und verwandten kerntechnischen Anlagen sind spezifische Randbedingungen zu beachten, wie Materialien, Nuklide, Geometrien, räumliche Verhältnisse. Das Vorhaben zielt auf die Entwicklung / Anpassung und Qualifizierung fortschrittlicher Verfahren für den Rückbau unter diesen Bedingungen und dem Gesichtspunkt der Kostenminimierung ab. Einbezogen werden die Laserstrahl-schneidtechniken Nd:YAG- und CO<sub>2</sub>-Laser (an Atmosphäre und unter Wasser, ferngesteuert und manuell geführt), der Diodenlaser (Thermoschock-Dekontamination zusammen mit dem Trockeneisstrahl), das Wasserabstrahl-schneiden unter den Bedingungen in Forschungsreaktoren und die Entschichtung mittels Trockeneisstrahlen. Das Vorhaben umfasst die anwendungsreife Entwicklung unter Berücksichtigung der Gesichtspunkte der Genehmigungsfähigkeit und mündet in der Demonstration als Pilot-Rückbaueinsatz beim FRMB. Dabei werden das Betriebspersonal dieses Reaktors und anderer Anlagen geschult, so dass die Verfahren allgemein für kostenminimierte Rückbaumaßnahmen zur Verfügung stehen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Arbeitspaket 1: Ermittlung der Werkstoffe und anderer spezifischer Randbedingungen beim Rückbau von Forschungsreaktoren
- Arbeitspaket 2: Entwicklung und Bewertung existierender Schneidtechniken in Bezug auf die Anwendbarkeit beim Rückbau der Forschungsreaktoren
- Arbeitspaket 3: Entwicklung fortgeschrittener Dekontaminationstechniken
- Arbeitspaket 4: Technikumsversuche an Mock-Up's
- Arbeitspaket 5: Planung und Durchführung der prototypischen Anwendung am FRMB
- Arbeitspaket 6: Berichterstattung

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Versuche mit der in der Geometrie variierten Coaxial-Jet Düse zum Nd:YAG Schneiden unter Wasser wurden durchgeführt.

Die Konstruktion des Nd:YAG Laser Unterwasser Schneidkopfes wurde durchgeführt.

Aerosolmessungen beim Trockeneis-Laserstrahl-Entschichten wurden mit dem Kaskadenimpaktor und Filtern durchgeführt. Die Optimierung der Messstrecke ist weitgehend abgeschlossen.

### 4. Ergebnisse

Bei der Variation der Geometrie der Coaxial-Jet Düse zum Unter-Wasser-Laserstrahlschneiden, konnte festgestellt werden, dass insbesondere mit der Variation der Wasserringstrahldüse eine Verbesserung der Gasstrahlqualität um bis zu 30 % erreichbar ist.

Die Konstruktion des Nd:YAG Laser-Unterwasser-Schneidkopfes wurde zum einen als Erweiterung für eine fertige Schneidoptik und zum anderen für eine allgemeine Laseroptik (nur Faserauskopplung und Fokussierung) durchgeführt. Die Adaption an die existierende Schneidoptik garantiert eine hohe Schnittqualität, da Fehler bei der Auslegung des Schneidgasstrahles oder Mängel in der Fertigungsqualität der Schneidgasstrahldüse ausgeschlossen werden. Die Ausführung des Schneidgasstrahles erfordert sehr hohe Präzision, geringe Abweichungen können das Schneidergebnis bedeutend beeinflussen. Die Konstruktion der Führung der Strahlmedien (Gasstrahl, Wasserstrahl) in einer eigens entwickelten Konstruktion bietet den Vorteil, dass speziell auf die Bedürfnisse der Aufgabe hin entwickelt wird, wodurch insbesondere eine räumliche Optimierung möglich ist.

Messungen der Aerosolmission zeigen, dass über 98 Massenprozent der emittierten Partikel größer als 8  $\mu\text{m}$  sind. Mit dem Kaskadenimpaktor wurde die Fraktionierung der Partikel kleiner 8  $\mu\text{m}$  bestimmt. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen der Filterkuchen zeigen, dass nur ein sehr geringer Teil der Partikel aufgeschmolzen ist (< 1 Promille).

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Abschluss der Fertigung und Schneiden mit dem unter Wasser Laserstrahlkopf.

Eine Untersuchung über den Einsatz eines fasergekoppelten Diodenlasers beim Trockeneislaserstrahlentschichten soll Aufschluss über die Möglichkeiten einer kompakteren Bauweise des Bearbeitungskopfs geben. Fasergekoppelte Diodenlaser sind seit etwa einem Jahr auf dem Markt und seit kurzem auch in der für das Trockeneislaserstrahlentschichten notwendigen Leistungsklasse erhältlich.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Redeker C., Fr.-W. Bach, J. Lindemaier, R. Verseemann, W. Hajek, U. Birkhold: Entwicklung und Qualifizierung neuer Zerlege- und Dekontaminationstechniken für den Rückbau von Forschungsreaktoren unter dem Gesichtspunkt der Kostenminimierung, Proc. VI. Stilllegungskolloquium und 5. Statusbericht Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen, Universität Hannover, 13.-14. April, 2000

<b>Zuwendungsempfänger:</b> FZR, Postfach 510119, 01314 Dresden		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7768</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Schnelles Freimessverfahren für alpha-aktive Nuklide in Bauschutt durch Direktmessung von großflächigen dünnen Messpräparaten -Automatisierung des Verfahrens-		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.11.1998 bis 31.10.2000	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 357.500,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Frau Dipl.-Chem. Nebelung	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Bei der Stilllegung von Nuklearanlagen mit möglichen  $\alpha$ -aktiven Kontaminanten ist die Freimessung von Betonstrukturen wegen der geringen Reichweite der  $\alpha$ -Strahlen ein Problem. Bisher übliche nasschemische Verfahren sind sehr zeitaufwendig. Mit den BMBF-geförderten Vorhaben 02 S 7442 2 und 02 S 7655 A8 konnte ein auf rein mechanischer Probenaufbereitung und Herstellung großflächiger dünner Messpräparate aus Suspensionen beruhendes Freimessverfahren für Beton entwickelt werden, das wesentlich schneller arbeitet. Es zeigen sich bei einigen Betonsorten Probleme bei der Herstellung der Messpräparate infolge Partikelagglomeration in der Suspension. Das Vorhaben hat die Überwindung dieser Probleme durch Einstellung geeigneter Bedingungen in der Suspension auf Grund von Zetapotentialbestimmungen, die Weiterentwicklung des Zerkleinerungsverfahrens für eine Anwendung auf kleine Probenmengen und die Automatisierung von Präparation, Messung und Messauswertung zum Gegenstand mit dem Ziel einer sicher reproduzierbaren und zeitoptimierten Anwendung der  $\alpha$ -Direktmessung im Routinebetrieb.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Untersuchung des Agglomerationsverhaltens der Suspension
  - Beton- und Suspensionsanalytik
  - Zetapotentialbestimmungen der Suspensionen
2. Vereinfachung des Zerkleinerungsprozesses
  - Erprobung der Fragmentierungsanlage „FRANKA“ zur Betonaufbereitung für
  - Grobzerkleinerung
  - Trennung in Grob- und Feinanteil
  - Trennung von Beton und Eisenbestandteilen
3. Automatisierung der Spektrenmessung und Spektrenauswertung

### 3. Durchgeführte Arbeiten

1. Bestimmung optimaler Dispergatorkonzentrationen für verschiedene Betonsorten  
Ermittlung der Veränderung des Zetapotentials während des Trocknungsvorganges  
Verbesserung des Sprühprozesses durch Netzmittel
2. Erprobung der Fragmentierungsanlage

### 4. Ergebnisse

1. Für die Dispergatoren  $(\text{NaPO}_3)_6$  und  $\text{Na}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)$  wurde die optimale Konzentration für alle untersuchten Betonsorten auch während des Trocknungsprozesses ermittelt. Sie ist von der Elementzusammensetzung des Betons und des Feststoffanteils in der Suspension abhängig. Die Benetzbarkeit der Probenplatten beim Sprühen wurde durch Tenside erhöht. Als besonders geeignet erwies sich Dodecylsulfonat-Natriumsalz und Fit (ein im Handel erhältliches Geschirrspülmittel).
2. Die Tisch-Fragmentierungsanlage wurde mit der Zerkleinerung einer Betonsorte in Betrieb genommen. Das Ergebnis war nicht befriedigend: Nach 6-maliger Fragmentierung waren immer noch 11,4 % der eingesetzten Betonmasse  $>0,5\text{mm}$  und 40,2 %  $0,1-0,5\text{mm}$ .

### 5. Geplante Weiterarbeiten

1. Korrelation zwischen Betonzusammensetzung und Art und Menge von Dispergatoren und Tensiden
2. Zerkleinerung von Beton in Grob- und Feinanteile, Trennung von Eisenbeimengungen, Ermittlung der Grenzen der Zerkleinerung mit der Tischfragmentierungsanlage, Teilchengrößenanalyse der zerkleinerten Produkte
3. Fertigstellung des Programms WINKRUM

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Vortrag:

Nebelung, C.; Henniger, J. "VI. Stilllegungskolloquium Hannover und 5. Statusbericht Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen", 13.-14.04. 2000, Hannover, S. 293-304

<b>Zuwendungsempfänger:</b> BAM, Unter den Eichen 87, 12205 Berlin		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7788</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen -Weiterführende Untersuchungen (EBER II)-		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1998 bis 31.03.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 536.830,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Droste	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Der Zusatz metallischer Reststoffe bei der Herstellung von Gussbehältern für radioaktive Abfälle kann zu einer nachteiligen Beeinflussung sicherheitsrelevanter Werkstoffeigenschaften führen. Methoden der sicherheitstechnischen Bewertung von Transport- und Lagerbehältern mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen wurden im Vorhaben EBER (02 S 7584) entwickelt. Zur Absicherung dieser Ergebnisse und Sicherstellung ihrer praktischen Anwendbarkeit sollen ergänzende Werkstoffuntersuchungen durchgeführt sowie das erarbeitete bruchmechanische Sicherheitskonzept für geometrisch komplexe Behälterpartien weiterentwickelt und verifiziert werden. Ein weiteres Ziel ist die Verallgemeinerung der Methodik auf andere optionale Endlagerstandorte.

Zusammenarbeit mit Fa. Siempelkamp Nuklear- und Umwelttechnik GmbH & Co., Krefeld als Zuwendungsempfänger des „Forschungsvorhabens zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen – Weiterführende Untersuchungen (FORM II)“, Förderkennzeichen 02 S 7798

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- I. Ermittlung von Werkstoffkennwerten unter dynamischer Beanspruchung  
(Messung der Ausbreitung von Spannungspulsen in Gusseisen mit Rezyklieranteil mittels Hopkinson-Bar-Technik und Berechnung der Werkstoffdämpfung)
- II. Weiterentwicklung der Beanspruchungsanalyse  
(Definition der Referenzstörfallsituation, Berücksichtigung des Behälterinventars, der Zwischenlagerfundamente sowie von Optimierungen des Behälterdesigns)
- III. Bruchdynamische Untersuchungen  
(Ermittlung des Spannungsintensitätsfaktors von Fehlern in geometrisch komplexen Behälterpartien und werkstoffmechanische Beurteilung)
- IV. Weiterentwicklung des sicherheitstechnischen Bewertungskonzepts
- V. Verifizierung des Sicherheitskonzeptes  
(Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Fallversuchen mit einem vorgeschädigten Prototypbehälter sowie Vergleich mit Berechnungsergebnissen)

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- Durchführung der Berechnungen zur Beanspruchungsanalyse des Gusscontainers Typ VII mit neuen FE-Materialmodellen
- Durchführung bruchmechanischer Untersuchungen
- Vorbereitung der Fallversuche mit einem Prototypbehälter: Planung des Fallfundamentes, Planung der Behälterkühlung, Einholung von Angeboten

### 4. Ergebnisse

- Für die im Vorhaben FORM II untersuchten Werkstoffqualitäten wurden FE-Materialmodelle für Gusseisen mit erhöhten Reststoffanteilen aufgestellt.
- Es wurden Formeln für den Spannungsintensitätsfaktor eines Risses in einer Hohlkehle bei elastischem Materialverhalten sowie Formeln für das J-Integral bei elastisch-plastischem Materialverhalten mit Hilfe der entwickelten Materialmodelle durch Anpassen von Ansatz-Funktionen an die Ergebnisse einer Vielzahl zweidimensionaler statischer FE-Berechnungen für minimale, mittlere und maximale Behälterabmessungen ermittelt.
- Aus diesen Ergebnissen wurde die kritische Fehlergröße als Funktion der Belastung und der Materialqualität mit den geometrischen Abmessungen des Behälters und dem Hohlkehlenradius als Parameter bestimmt.
- Das Fallfundament wird aus unbewehrtem Beton der Güte B35 mit einer Gesamtmasse von 1000 Mg bestehen.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

- Abschluss der Berechnungen zur Beanspruchungsanalyse
- Fortsetzung der bruchdynamischen Untersuchungen
- Weiterentwicklung des sicherheitstechnischen Bewertungskonzeptes
- Fortsetzung der Vorbereitung der Fallversuche mit einem Prototypbehälter

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Zencker, U., Zeisler, P. and Droste, B.: Dynamic Fracture Mechanics Assessments for Cubic Ductile Cast Iron Containers, International Journal of Radioactive Materials Transport 11 (2000), Nos. 1-2, pp. 113-118



<b>Zuwendungsempfänger:</b> Siempelkamp, Siempelkampstr. 45, 47803 Krefeld		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7798</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen -Weiterführende Untersuchungen (FORM II)-		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1998 bis 31.03.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.002.900,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr.-Ing. Holland	

## 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. Die Möglichkeiten und Konsequenzen eines steigenden Anteils dieser Reststoffe bei der Herstellung von Transport- und Lagerbehältern aus Gusseisen wurden im Vorhaben FORM (02 S 7594 2) untersucht. Zur Vervollständigung und Absicherung dieser Ergebnisse werden ergänzende Werkstoffuntersuchungen an gezielt eingestellten Werkstoffqualitäten des Sphärogusses durchgeführt und das Design der beiden Referenzbehälter optimiert. 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, Berlin, als Zuwendungsempfänger des Vorhabens „Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen - Weiterführende Untersuchungen (EBER II)“, Förderkennzeichen: 02 S 7788

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- I Werkstofftechnische Untersuchungen an Testblöcken
  - Abguss und Bewertung von Testblöcken mit mittleren Karbid- und Perlitgehalten.
  - Glühversuche
  - Statistische Auswertung und multiple Einflussgrößenberechnung.
  
- II Bruchmechanische Werkstoffbewertung unter Störfallbedingungen
  - Ermittlung dynamischer Werkstoffkennwerte für Behältersicherheitsanalyse bei tiefen Temperaturen.
  - Bewertung von Zwischen-/Endlagerfundamenten unter Berücksichtigung des Behälterwerkstoffs.

### III Optimierung des Behälterdesigns

- Maßnahmen zur Reduzierung der Behälterbelastung durch konstruktive Änderungen und Anpassung der Gießtechnik.

### IV Mechanische Behälterprüfungen

- Abguss von optimierten Referenzbehältern.
- Mechanische Prüfung der Bauarten MOSAIK II und Gusscontainer Typ VII.

## 3. Durchgeführte Arbeiten

- Ermittlung und Bewertung der dynamischen Werkstoffkennwerte aus Ringsegment 1.
- Erstellung von Materialdaten für den Bereich tiefer Temperaturen für FEM der Behälterprototypen MOSAIK II und Gusscontainer VII.
- Numerische Simulation des Fundaments.

## 4. Ergebnisse

- Die Auswertung der Bruchzähigkeitsversuche ergab für Ring 1 gültige KIC-Werte nach ASTM. Statisch ( $dK/dt = 1$ ) ergaben sich Werte von ca. 30 MPa/m und dynamisch ( $dK/dt > 105$ ) von ca. 20 MPa/m. Die E - Moduli sind unter allen Bedingungen mit  $170 \pm 3$  GPa praktisch konstant. Die Ergebnisse für Ring 2 sind noch zu bewerten.
- Das Material für den Prototyp MOSAIK II soll dem des Testblocks 62 und das Material des Prototyps Gusscontainer Typ VII dem des Testblocks 4 entsprechen. Die chemische Zusammensetzung dieser 2 Testblöcke unterscheidet sich hinsichtlich der Gehalte an Cr, Ni und Mn.
- Es wurden 3 verschiedene Modelle für das Fundamentverhalten untersucht: elastisch - plastische Modelle von Drucker - Prager und v. Mises und das BAM- Fundament mit einer Sandzwichenschicht.
- Die Eignung des v. Mises - Modells wurde im NUREG - Report belegt. Das Drucker - Prager ist viel zu steif, das Fundament mit der Sandzwichenschicht ist viel zu weich.

## 5. Geplante Weiterarbeiten

- Durchführung der FEA zur Designoptimierung.
- Fertigungsplanung für Prototypen MOSAIK II und Gusscontainer Typ VII.
- Vorbereitung Fallversuche.

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

keine

## 7. Berichte, Veröffentlichungen

D. Holland, D. Bounin und U. Quade: Optimierung der Reststoff - Verwendung von Metallen - FORM II, Vortrag zum VI. Stilllegungskolloquium, Hannover, 14.04.2000

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Uni-Jena, Fürstengraben 1, 07743 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> vom 01.11.1998 bis 31.12.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 467.000,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Bergmann	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Beim Rückbau von Bergbau- und Aufbereitungsanlagen des Uranerzbergbaus sind große mit Schwermetallen kontaminierte Bodenflächen entstanden. Das Vorhaben zielt auf die Grundlagenentwicklung einer Sanierungstechnik ab, die sich des Transfers der Kontaminanten aus den Böden in die Pflanzenbiomasse bedient und so ermöglicht, dass diese mit der Biomasse beseitigt werden können. Unter standortrelevanten Bedingungen sollen Grundlagen geschaffen werden

- um technologisch gut zu bearbeitende Pflanzen zu identifizieren, die mit Kontaminanten angereichert einer nachfolgenden Entsorgung zugeführt werden können
- um Bodentechnologien zu nutzen, die diese Anreicherung begünstigen.

Im Ergebnis können Sanierungsverfahren für belastete Böden angegeben werden. Andererseits resultieren daraus Hinweise, wie durch bestimmte Pflanzen und Bodentechnologien die Aufnahme von Kontaminanten in die Biomasse und damit der Übergang in den Biokreislauf minimiert werden kann. Auch damit ergeben sich Ansätze für effektive Sanierungskonzepte.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Übersichten, Planungen, Festlegungen

- Übersicht zu Akkumulation und Exclusion von Schwermetallen, ausgewählten Metalloiden und Radionukliden durch Pflanzen, besonders der Vegetation im gemäßigten Klima
- Information zur standorttypischen Kontamination und Festlegung über Untersuchungsareale und Pflanzenauswahl

Geländearbeiten, Laborexperimente und Analytik

- Bodensubstrat-Probenahme und Sammlung von Pflanzenmaterial einschließlich pflanzenassoziierter Komponenten
- Bodensubstrat-Extraktion und Gefäßversuche
- Multi-Element-Analyse von Pflanzen- und Bodenextraktproben (ICP-OES, ICP-MS)

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

- Für die Bestimmung der Konzentrationen von Uran und weiteren Spurenelementen im Pflanzenmaterial mittels ICP-MS wurde eine Methode erarbeitet
- Repräsentative Pflanzenproben von 4 bewaldeten Haldenflächen wurden spurenanalytisch unter Verwendung von ICP-OES und ICP-MS charakterisiert.
- Die Versuchsreihen zur Ermittlung der Uranphytoextraktion ausgewählter Pflanzenarten in Monokultur im Gewächshaus wurden fortgeführt. Im Berichtszeitraum wurden in weiteren 4 Versuchsansätzen jeweils 3 verschiedene Pflanzenarten unter optimierten Anbaubedingungen getestet.
- Pflanzen- und Bodenproben der Gefäßversuche wurden chemisch aufgearbeitet und spurenanalytisch mittels Photometrie, ICP-OES und ICP-MS charakterisiert.

### 4. Ergebnisse

- Im Pflanzenmaterial können die Mineralstoffkonzentrationen stark variieren. Abhängig davon wird das ICP-MS-Messsignal verändert. Zur Erzielung richtiger Analysendaten wird deswegen mit interner Standardisierung gearbeitet.
- Die Transferkoeffizienten für Uran und weitere Schwermetalle wurden für repräsentative Pflanzenarten auf ausgewiesenen Haldenflächen bestimmt.
- Die Uranmobilisierung im Biokreislauf wurde für die Pflanzen einer ausgewählten, bewaldeten Haldenfläche ermittelt. Der geringe Umfang der Uranakkumulation in der Biomasse unterstreicht die Notwendigkeit von Untersuchungen zur Phytostabilisierung des ökosystemaren Uranflusses.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

- Die Validierung der ICP-MS-Bestimmungsmethode wird durch Analyse zertifizierten Materials abgeschlossen.
- Die Gefäßversuche im Gewächshaus zur Charakterisierung des Extraktionsvermögens der einzelnen Pflanzenarten werden abgeschlossen.
- Versuchsreihen im Gewächshaus unter Verwendung von Pflanzenarten-Mischkulturen werden durchgeführt. Die Effektivität verschiedener, variiertes Düngersätze sowie der Einfluss eines unterschiedlichen Wasserregimes wird in weiteren Versuchsansätzen ermittelt.
- Eine Methode zur Charakterisierung der Wurzelexsudation als wichtiges Kriterium für die Mobilität von Uran und anderer Schwermetalle wird entwickelt.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

IV. Stilllegungskolloquium Hannover, April 2000

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Uni-Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7818</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entwicklung und Optimierung modularer Strahlschneid- und Handhabungssysteme für den kostengünstigen Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.11.1998 bis 31.10.2000	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.720.990,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Haferkamp	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Vorhabensinhalt ist die Entwicklung und Qualifizierung handgeführter, personengebundener und manipulatorgestützter Strahlschneidverfahren (Laser-, Plasmafein- und Wasserabrasivstrahlschneiden). Ziel ist der flexible Einsatz für Bleche <20 mm inkl. Plattierung, div. Bauteilgeometrien und bei unterschiedlichen radiologischen Belastungen unter Maximierung der Schneidleistung sowie Minimierung des Energieeintrags und der Rückstände. Dies soll durch den Einsatz leistungsfähiger, an die Schneidverfahren angepasster Handhabungssysteme erreicht werden. Schwerpunkte sind neben der Entwicklung von handgeführten Systemen ein neuartiges personengebundenes System zur Gewährleistung konstanter Prozessparameter (Steady Cut) sowie ein kleinbauendes, selbthaltendes, modulares Trägersystem (WORMS) zur Gewährleistung einer idealen Werkzeugführung. Insgesamt soll die Minimierung der Strahlenexposition und Rückbaukosten und die Anpassungsfähigkeit der Schneid- und Handhabungssysteme für unterschiedlichste Zerlegeaufgaben durch modularen Aufbau erreicht werden. Ergebnis ist eine Entscheidungsmatrix, welche die günstigste Kombination aus Schneid- und Handhabungstechniken, auch für den nichtnuklearen Bereich und andere Werkstoffe inkl. Stoffverbunde anwendbar, aufzeigt.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Arbeitspaket 1: Weiterentwicklung des Laserstrahlschneidens

Arbeitspaket 2: Entwicklung eines handgeführten Plasmafeinstrahlsystems mit modularem Aufbau

Arbeitspaket 3: Entwicklung eines handgeführten Wasserabrasivstrahl-Schneidsystems

Arbeitspaket 4: Entw. eines Steady Cut System (SCS) für die Handhabung von Strahlschneidsystemen

Arbeitspaket 5: Entwicklung eines Werkzeugträgersystems (Wide Operative Manipulator Systems)

Arbeitspaket 6: Gemeinsame vergleichende Schneiduntersuchungen mit den verschiedenartig gekoppelten Systemen, Bewertung

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- 1 Tests und prototypische Anwendungen; Adaption an andere Handhabungssysteme
- 2 Tests und prototypische Anwendungen, Adaption an andere Handhabungssysteme
- 3 keine durchgeführten Arbeiten im Zeitraum
- 4 Optimierung der Führungspräzision, Test des Prototyps
- 5 Applikation der Schneidwerkzeuge an WORMS, Erprobung WORMS
- 6 Gemeinsame Schneiduntersuchungen mit Emissionsmessung

## 4. Ergebnisse

### Arbeitspaket 1:

Das handgeführte Laserstrahlschneidsystem wurde in Emissionsmessungen mit dem Plasmaschmelzschneiden bei verschiedenen Blechdicken und Beschichtungen untersucht. Bei den Versuchen wurden 3mm und 10mm Bleche mit Teerepoxidharz-, Lack- und Teerbandagenbeschichtung betrachtet. Als Ergebnis bleibt festzuhalten, dass alle Variationen mit dem Laserhandsystem schneidbar sind und die augenscheinlichen Emissionen beim Schneidvorgang gering sind. Die Ergebnisse der Emissionsmessungen liegen noch nicht vor.

Arbeitspaket 2: Die Adaption des Plasmafeinstrahlsystems ist konstruktiv abgeschlossen. Da die erste Ausführung des Plasmafeinstrahlsystems für den Steady-Cut-Betrieb bereits in ersten Tests gute Handhabbarkeit bewies wurde die Konstruktion lediglich in kleinen Bereichen verändert. Mit dieser ersten Variante wurden die bereits in Arbeitspaket 1 beschriebenen vergleichenden Schneiduntersuchungen durchgeführt. Ein zum Vorgängermodell verbesserter Griff mit Bedienelementen befindet sich aktuell in der Fertigung. Im Anschluss sind weitere Funktionstests geplant.

Arbeitspaket 4: Die Optimierung der Führungspräzision ist abgeschlossen; die Tests des Prototypen mit dem angekoppelten Plasmafeinstrahlsystem ergaben, dass der Plasmaprozess auch über längere Zeit mit gleichbleibender Führungspräzision ohne Ermüdungserscheinungen aufrecht erhalten werden kann, so dass dieses System für den leicht aktiven Bereich sehr gut einsetzbar ist. Einschränkend ist jedoch die Schutzkleidung mit einer zwangsbelüfteten Maske.

Arbeitspaket 5: Aufgrund erster Tests mit dem Prototypen WORMS, wurde der Grundkörper, der bisher aus Kunststoff war, durch einen Stahl Grundkörper ersetzt. Dies bringt eine erheblich gesteigerte Steifigkeit des Gesamtsystems. Das System wurde mit einem Hubmotor versehen, der eine Schrägstellung ermöglicht, so dass die Schnittfugen sich bei Versatz überkreuzen.

Arbeitspaket 6: In vergleichenden Schneiduntersuchungen wurden Emissionen für die Verfahren Plasmaschmelzschneiden und Laserstrahlschneiden mit den verbesserten Systemen ermittelt. Die Auswertung der Messungen liegen zur Zeit noch nicht vor. Es lässt sich jedoch festhalten, dass beide Systeme alle Materialien mit guter Schnittqualität und hoher Geschwindigkeit schneiden konnten. Auch mit dem Plasmabrenner ließen sich die mit Teerbandagen versehenen Bleche trennen, was aber zu einer erhöhten Emission aufgrund von verbrennendem Teer führt.

## 5. Geplante Weiterarbeiten

- 1 Tests und prototypische Anwendung unter realen Bedingungen
- 2 Tests und prototypische Anwendung unter realen Bedingungen
- 3 Tests und prototypische Anwendung des handgeführten WASS
- 4 Test des Prototypen
- 5 Applikation der Schneidwerkzeuge an WORMS und Tests; Erprobung des fernhantierten Ansetzens des WORMS

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

keine

## 7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> GSF, Postfach 11 29, 85758 Oberschleißheim		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7828</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Planung zur Schließung der Schachanlage Asse - Grundlagenermittlung und Vorplanung zu Abschnitt 2.2 des Rahmenterminplans		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.10.1998 bis 31.03.2000	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 31.03.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 538.957,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dipl. Ing. Schneefuß	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben dient der Fortsetzung der Planung zur Schließung der Schachanlage Asse nach Beendigung der Verfüllmaßnahmen der Abbaukammern in der Südflanke. Teilziele sind dabei die Erstellung von Planungsgrundlagen sowie die Erarbeitung von Vorplanungsunterlagen zur Verfüllung der offenen Grubenräume einschließlich der Schächte und Blindschächte, zum Rückbau der Tagesanlagen und zur Durchführung der erforderlichen infrastrukturellen Maßnahmen. Zeitgleich zur Verfüllung der Südflanke erfolgen vorbereitende Arbeiten zur Schaffung weiterer Barrieren für die eingelagerten Abfälle, zur Restverfüllung der Lagerkammer auf der 511-m-Sohle und der Einlagerungskammern der südlichen 750-m-Sohle.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

#### Grundlagenermittlung

- Klären der Aufgabenstellung
- Ermitteln der Randbedingungen
- Zusammenstellen der die Arbeiten zur Schließung beeinflussenden Faktoren
- Zusammenstellen und Werten von Unterlagen
- Erläutern von Planungsdaten
- Ermitteln des Leistungsumfangs und der erforderlichen Vorarbeiten
- Formulieren von Entscheidungshilfen für die Auswahl anderer an der Planung fachlich Beteiligter
- Zusammenfassen der Ergebnisse

#### Vorplanung

- Analyse der Grundlagen
- Abstimmen der Zielvorstellungen auf die Randbedingungen
- Untersuchungen von Lösungsmöglichkeiten
- Beschaffen und Auswerten zusätzlicher Unterlagen
- Erarbeiten eines Schließungskonzeptes
- Klären und Erläutern der wesentlichen fachspezifischen Zusammenhänge, Vorgänge und Bedingungen
- Mitwirken beim Erläutern des Planungskonzeptes
- Überarbeiten des Planungskonzeptes nach Bedenken und Anregungen
- Bereitstellen von Unterlagen aus dem Vorentwurf
- Kostenschätzung
- Zusammenstellen der Ergebnisse der Vorplanung

### 3. Durchgeführte Arbeiten

- Ergänzung der Grundlagenermittlung
- Analyse der Grundlagen
- Untersuchungen von Lösungsmöglichkeiten
- Erarbeiten eines Schließungskonzeptes
- Ablaufplanung zum Schließungskonzept
- Kostenschätzung
- Erstellung des Abschlussberichts

### 4. Ergebnisse

Das Konzept zur Verfüllung der Tagesschächte sieht den Einbau einer Füllsäule aus Hartgesteinschotter vor. Die Befüllung soll über im Schacht eingehängte Fallleitungen erfolgen.

Für den Schachtverschluss werden zwei Konzepte mit Dichteelementen aus Asphalt und Bentonit entwickelt und bewertet. Beide Varianten sind prinzipiell geeignet. Da Konzepte mit Asphaltdichtung Stand der Technik sind und solche mit Bentonitdichtung noch nicht erprobt, erfolgt die weitere Planung für das Asphaltkonzept. Eine detaillierte Ausarbeitung der erforderlichen Arbeitsschritte unter Berücksichtigung der Wettertechnik sowie der Zeiten und Kosten erfolgt in den Berichtskapiteln Schließungskonzept, Ablaufplan und Kostenschätzung.

Ein Ablaufplan zeigt den Aufwand und die Verknüpfung der Arbeiten gemäß Rahmenbetriebsplan (RBP) 2.2 für die Zeit nach der Beendigung der Südflankenverfüllung. Er wurde auf der Basis der Abschätzung von Zeitaufwänden für die wesentlichen voneinander abhängigen Arbeitsschritte erstellt. Danach ergibt sich für die Durchführung der bergmännischen Arbeiten ein Zeitaufwand von 4,3 Jahren.

Die Ermittlung der Kosten für die Arbeiten gemäß RBP 2.2 basiert auf einer detaillierten Kostenschätzung und berücksichtigt diejenigen Kosten, die mit den Schließungsarbeiten in unmittelbarem Zusammenhang stehen. Hierfür ist ein Finanzmittelbedarf von 45.711 TDM (netto) erforderlich. Nicht erfasst sind Kosten für die Aufrechterhaltung des allgemeinen Betriebes, Reinvestitionskosten für den Maschinenpark sowie die Planungs- und Genehmigungskosten.

Die Arbeiten für die Planungsphasen „Grundlagenermittlung“ und „Vorplanung“ für die Schließungsmaßnahmen gemäß RBP 2.2 werden mit der Fertigstellung des Berichtsentwurfs abgeschlossen.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Fertigstellung der Endfassung des Berichts.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

In Vorbereitung.



<b>Auftragnehmer:</b> Brenk, Heider-Hof-Weg 23, 52080 Aachen		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7839</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Überarbeitung und Aktualisierung der Untersuchung zu Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen aufgrund geänderter Rahmenbedingungen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.07.1999 bis 30.04.2000	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.04.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 66.102,60 DM	<b>Projektleiter:</b> Dr. Thierfeldt	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen des Vorhabens 02 S 7717 4 hatte Brenk Systemplanung die Untersuchung „Stilllegung kerntechnischer Anlagen - Erfahrungen und Perspektiven“ überarbeitet und auf den Stand Februar 1999 (Ende der Vorhabenslaufzeit) gebracht. Aufgrund der vollständig geänderten Situation im Bereich der Kernenergie in Deutschland, der Koalitionsvereinbarungen und der offenen Frage bzgl. des Konsenses zur Stilllegung von Kernkraftwerken wurde entschieden, den vorgelegten Endbericht zu überarbeiten. Ziel dieser Überarbeitung ist die Einbeziehung der neuesten Entwicklung bzgl. Restlaufzeiten und Stilllegung kerntechnischer Anlagen. Neben der Anfertigung des Endberichts ist auch das Layout als zur Veröffentlichung bestimmte Broschüre und die Anfertigung der Druckfilme vorgesehen.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

**AP1:** Überarbeitung des im Rahmen von Vorhaben 02 S 7717 4 angefertigten Berichts

**AP2:** Abstimmung des in AP 1 identifizierten Überarbeitungsbedarfs mit dem Auftraggeber

**AP3:** Erstellung des Endberichts (einschl. Layout) und Abstimmung mit dem Auftraggeber

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

zu AP1 und AP2:

Der Überarbeitungsumfang wurde identifiziert und mit dem Auftraggeber abgestimmt. Die Änderungsvorschläge wurden eingearbeitet.

### **4. Ergebnisse**

Die Arbeiten an der Broschüre wurden im Berichtszeitraum abgeschlossen.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Fertigstellung des Endberichts (AP3) und Erstellung der Druckfilme (AP4).

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

keine

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

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Uni-Dortmund, August-Schmidt-Str. 4, 44227 Dortmund		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7849</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Trennen von graphitischen Reaktorbauteilen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.09.1999 bis 31.08.2001	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 2.308.500,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr.-Ing. Bach	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Graphit und Kohlestein sind in Moderatoren, Reflektoren und thermischen Säulen an Forschungs- und Versuchsreaktoren in Deutschland installiert. Für deren Entsorgung werden z.Zt. unterschiedliche Konzepte diskutiert.

Das Vorhaben geht von einer Verpackung aktivierten Graphits/Kohlesteins im ursprünglichen Materialzustand in Behältern aus.

Durch Zerlegen sollen aktivierte/kontaminierte Schichten abgetrennt und Stücke so dimensioniert werden, dass eine maximale Volumenausnutzung der Behälter und damit eine Minimierung des Endlager volumens und der Endlagerkosten erreicht wird. Die Zerlegetechniken (mechanisch, hydraulisch, thermisch) werden mit dem Ziel einer Sekundärwasteminimierung entwickelt bzw. angepasst. Besondere Bedeutung hat hierbei die Entwicklung von Sammeltechniken für den ausgetragenen Graphitstaub.

Die unterschiedlichen Verfahren werden verglichen und insbesondere hinsichtlich ihrer Qualifizierungsfähigkeit und Kosten bewertet.

Bei Einsatz der zu entwickelnden Zerlegetechniken lassen sich bei der Entsorgung von Graphit- und Kohlesteinteilen aus kerntechnischen Anlagen schätzungsweise bis zu 50 % der erforderlichen Behältervolumina einsparen.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- 2.1 Bestandsaufnahme des in Deutschland zu entsorgenden Materials an Graphit/Kohlestein
- 2.2 Einfluss der aus der Bestrahlung und thermischen Beeinflussung resultierenden Materialveränderungen auf eine Zerlegung
- 2.3 Verfahrensauswahl, -entwicklung und -anpassung
- 2.4 Entwicklung von Verfahren zur gesicherten Graphitstaubsammlung bei der Zerlegung

### 3. Durchgeführte Arbeiten

Zur Zeit werden die Arbeitspakete

- 1: Bestandsaufnahme des in Deutschland zu entsorgenden Materials an Graphit/Kohlestein und seine Charakterisierung hinsichtlich Menge, Herkunft, Zusammensetzung, Form, radiologischer Last und geometrischer Abmessungen speziell für jeden Reaktor,
- 2: Einfluss der aus der Bestrahlung und thermischen Beeinflussung resultierenden Materialveränderungen auf eine Zerlegung,
- 3: Verfahrensauswahl, -entwicklung und -anpassung sowie deren Qualifizierung für die Zerlegung (Wasserabrasivstrahl, Seil-/Drahtsägen, Stichsägen, Plasmaschneiden, Hydraulisches. mechanisches Spalten, Bohren),
- 4: Entwicklung von Verfahren zur gesicherten Graphitstaubsammlung bei der Zerlegung bearbeitet.

### 4. Ergebnisse

Die Literatur- und Patentrecherchen sind abgeschlossen und deren Ergebnisse wurden während des letzten Projekttreffens aller Partner am 12.05.2000 in Rossendorf ebenso vorgestellt, wie die gesammelten Daten über zu entsorgende graphitische Reaktorbauteile bei Betreibern von Kernreaktoren in Verantwortung des Bundes. Zur Zeit werden die umfangreichen Ergebnisse zusammengefasst und den Projektpartnern zur Verfügung gestellt.

In Rossendorf wurden bei VKTA ausführliche Analysen an für Trennversuche zur Verfügung stehendem Graphit durchgeführt. Diese Analysen beschränken sich nicht nur auf Nuklidvektor und chemische Zusammensetzung sondern umfassen vielmehr auch mechanische Eigenschaften. Vergleichbare Untersuchungen liegen aus dem Forschungszentrum Jülich vor.

Trennversuche sind bisher mit unterschiedlichsten Verfahren durchgeführt worden (Plasmastrahlschneiden, autogenes Schneiden, Sägen, Bohren, Fräsen sowie mechanisches Spreizen). Es liegen vorhabensrelevante Daten vor (insbesondere Staubmasse und Korngrößenverteilung des angefallenen Staubes), die wegen ihrer Vielzahl an Ergebnissen noch ausgewertet werden. Damit stehen Daten zur Verfügung, die von elementarer Bedeutung für das Vorhaben sind: Sekundärwaste-Erzeugung sowie dessen Handhabung sind von zentraler Bedeutung für die Qualifizierung der zu entwickelnden und anzupassenden Trenntechniken. Aktuell wird der mechanische Spreizer an die Aufgaben im Forschungsvorhaben angepasst. Zur Entwicklung der Sammeltechniken werden die o.g. Daten ebenfalls herangezogen, um eine Dimensionierung der Sammeleinrichtungen vornehmen zu können. Eine Konzeptstudie dazu liegt vor und befindet sich in Bearbeitung.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Die geplanten Weiterarbeiten entsprechen dem Arbeitsplan.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

Wilk, P., Fr.-W. Bach, R. Verseemann, C. Bach, M. Linde, U. Fricke, A. Mende, U. Quade, „Trennen graphitischer Reaktorbauteile“, Proc. VI. Stilllegungskolloquium und 5. Statusbericht Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen, Universität Hannover, 13.-14. April 2000

<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> vom 01.12.1999 bis 30.04.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.800.730,00 DM	<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 1 sind abgeschlossen. Die Arbeiten zu AP 2 sind mit der Entwicklung der Datenschnittstelle zwischen Messgerät zur Digitalisierung von Räumen und der CAD-Software als Basis für die Fahrwegsteuerung des Freimessfahrzeugs (FRM-Fahrzeug) begonnen worden. Die Arbeiten zu AP 3 sind mit der Konstruktion des FRM-Fahrzeugs begonnen worden.

### **4. Ergebnisse**

Ein Verfahren zur Digitalisierung der freizumessenden Räume wurde auf der Basis einer Marktrecherche und von Versuchsmessungen ausgewählt. Es handelt sich um ein Entfernungsmessverfahren mit rotierendem Lasermesskopf und anschließender Umsetzung der Messergebnisse in eine CAD-Datei. Bei der Umsetzung des Messergebnisses des Lasermessgerätes (Punktmodell) in eine CAD-lesbare Datei ist ein manueller Schritt erforderlich, da eine Generalisierung erfolgen muss, die derzeit nicht automatisiert werden kann.

Das FRM-Fahrzeug wird als batteriebetriebenes Fahrzeug für eine autarke Betriebsdauer von ca. 1 Schicht (Messen über Nacht) ausgelegt. Auf dem Basisfahrzeug wird ein drehbares Hubgerät ähnlich dem Gabelstaplerprinzip installiert. Daran wird der Detektor des In-situ-Messgerätes befestigt. Das FRM-Fahrzeug wird so ausgelegt, dass es in üblichen kerntechnischen Anlagen einsetzbar ist (Türbreite, Bodenbelastung usw.). Alle Anforderungen wurden in einem Lastenheft zusammengefasst.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Die Arbeiten an AP 2 und AP 3 werden fortgesetzt. In AP 2 ist die Schnittstelle zwischen der Fahrwegsteuerung des FRM-Fahrzeugs und der Steuer- und Auswertesoftware des In-situ-Messgerätes mit gegenseitigen Prüfungen und Verriegelungen zu entwickeln. In AP 3 wird die Konstruktion des FRM-Fahrzeugs fortgesetzt.

### **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 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> vom 01.12.1999 bis 30.04.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.12.1999 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 1.027.700,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Stegemann	

### 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 entwickelt, zum anderen das konventionelle Bohrlochverfahren mit Dehnungsmessstreifen (DMS) zu einem fernhantiert und störungssicher anwendbaren Ringnutverfahren für Messungen an ferritischen und austenitischen Stählen weiterentwickelt werden.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1: Zusammenstellen von Anwendungsfällen (Material, Geometrie, Randbedingungen an Reaktoren), Zusammenstellen von Erfahrungen bei Rückbaumaßnahmen (Alba, LWT, IKPH)
- AP 2: Entwicklung und Anpassung magnetinduktiver Verfahren für zerstörungsfreie richtungsabhängige Spannungsmessungen an ferritischen Bauteilen (IKPH)
- AP 3: Entwicklung bzw. Anpassung von Airabrasiv- und Wasserabrasiv-Ringnutverfahren für Spannungsmessungen an ferritischen und austenitischen Bauteilen (LWT, Alba)
- AP 4: Aufbau von Mock-Ups zur Anwendung der verschiedenen Verfahren an Luft und unter Wasser (IKPH, LWT)
- AP 5: Beispielhafte Entwicklung von Zerlegestrategien für beispielhafte Fälle (LWT, Alba)
- AP 6: Demonstrationsmessungen an Komponenten der Energiewerke Nord GmbH und des MZFR (IKPH, LWT, EWN, FZK, Alba)
- AP 7: Dokumentation (IKPH, LWT, Alba)

### 3. Durchgeführte Arbeiten

AP 1:

- Zusammenstellung von für Zerlegearbeiten relevante Daten bzw. Informationen in Zusammenarbeit mit den Energiewerken Nord

AP 2:

- Entwicklung eines richtungsabhängig messenden Sensorsystems.
- Optimierung und Erprobung von Systemparametern hinsichtlich des neu zusammengestellten Aufbaus des Harmonischen-Messsystems sowie des neu entwickelten Sensorsystems.
- Optimierung und Erweiterung von problemangepassten System- und Analysesoftwaremodulen für ein Harmonischen-Messsystem zur Spannungsmessung.
- Ausbau des Zug-Druck-Prüfstandes. Erprobung und Integration einer Kraftmessdose in den Prüfstand. Konstruktion einer Parallelführung zur Führung von Flachproben.
- Konstruktion einer Halterung für das Sensorsystem zur Integration in den Zug-Druck-Prüfstand.

AP 3:

- Einleitende Grundlagenuntersuchungen zum Airabrasivverfahren in der Anwendung als Ringnutverfahren unter Atmosphärenbedingungen
- Einleitende Grundlagenuntersuchungen zum Airabrasivverfahren in der Anwendung unter Wasser  
Bearbeitet werden aktuell drei Problemstellungen:
  1. Ist es möglich DMS unter Wasser zu kleben? Welcher Klebstoff ist dafür einsetzbar und welche Applikationsmethode ist dafür nötig?
  2. Ist die Funktion des DMS bei einem ungekapselten Einsatz unter Wasser überhaupt möglich?
  3. Welche Möglichkeiten gibt es, DMS ohne gelötete Kabelverbindungen anzuschließen.
 Zu diesen drei Punkten laufen aktuell Versuche. Von den Ergebnissen der Versuche wird es abhängen, ob das Abrassiv-Ringnutverfahren im nasser Umgebung stattfinden kann oder ob eine Einrichtung gebaut werden muss, welche eine lokal trockene Atmosphäre herbeiführt.

### 4. Ergebnisse

Ergebnisse liegen bisher noch nicht vor.

### 5. Geplante Weiterarbeiten

Weiterarbeiten wie im Arbeitsplan angegeben.

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

keine

### 7. Berichte, Veröffentlichungen

keine



<b>Zuwendungsempfänger:</b> FZK, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leo.		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7879</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Untersuchungen zu Konditionierungsmethoden für eine Langzeitzwischenlagerung von radioaktiven Abfällen aus dem Betrieb und der Stilllegung kerntechnischer Anlagen. Teilprojekt: Technische Anwendbarkeit von Polysiloxanen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.2000 bis 31.12.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 329.780,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Herr Schwarzkopf	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Langzeitzwischenlagerung radioaktiver Abfälle, über einen Zeitraum von 30 Jahren und mehr, erfordert eine langfristig stabile Konditionierung der Abfallgebinde. An die Eigenschaften, der bei der Konditionierung einzusetzenden Materialien und Behälter, werden dabei hohe Anforderungen gestellt. Polysiloxane weisen sehr gute chemische und mechanische Stabilität auf und lassen eine gute Eignung als Konditionierungsmaterial erwarten. Im Projekt sollen geeignete Verfahren und Technologien zur Konditionierung/Fixierung von radioaktiven Abfallstoffen entwickelt, erprobt und qualifiziert werden, um mit den Ergebnissen allgemeine Bedingungen für den Verfahrenseinsatz abzuleiten, zu prüfen und festzulegen. Es soll nachgewiesen werden, dass durch den Einsatz von Polysiloxanen die Eigenschaften von Abfallgebänden gezielt so verbessert werden können, dass sie für eine Langzeitzwischenlagerung und ggf. eine zukünftige Endlagerung geeignet sind. Neben Untersuchungen zu langzeitsicherheitsrelevanten Eigenschaften von Polysiloxanen sollen Technologien zur Verarbeitung und Anwendung dieses Materials für Behälterbeschichtungen und für die Konditionierung von radioaktiven Abfällen entwickelt werden.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Durchführung des Vorhabens ist in folgende Arbeitspakete unterteilt:

- a) Einordnung von EKOR in den Kreis der aktuellen Abfallbehandlungstechnologien durch vergleichende Bewertung möglicher EKOR-Einsatzfälle.
- b) Zusammenstellung von Unterlagen und Ergebnissen des Kurtschatov-Instituts Moskau.
- c) Erarbeitung von Verfahrenstechnologien für ausgewählte EKOR-Einsatzfälle.
- d) Entwicklung von Qualitätssicherungsmaßnahmen für den EKOR-Einsatz.
- e) Erprobung der vorgesehenen Verfahren und der Qualitätssicherungsmaßnahmen durch Herstellung inaktiver Demonstrationsobjekte.
- f) Erarbeitung von Genehmigungsanträgen für ein Demonstrationsobjekt mit radioaktiven Abfällen.

- g) Herstellung eines Demonstrationsobjektes mit radioaktiven Abfällen.
- h) Zusammenstellung von Unterlagen für eine Containerbegutachtung durch die BAM, das BfS und ggf. durch den TÜV.

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

- zu a) Die Einsatzmöglichkeiten von EKOR im Rahmen der Abfallbehandlung bei der HDB wurden untersucht und dargestellt. Mit erster Priorität wurde die Beschichtung eines Fassstahlcontainers versehen. Für die Prüfung und Auslegung von Abfallbehältnissen (Beschichtung bzw. Hohlraumverfüllung von Fass und Container) wurden die möglichen Bedingungen, Regeln und Normen erfasst und in einer Übersicht dargestellt.
- zu b) Hinsichtlich technologischer Aspekte wurde ein Fragekatalog für das Kurtschatov-Institut erarbeitet.
- zu c) Für erste Beschichtungsversuche wurden repräsentative Containerabschnitte bereitgestellt.

### **4. Ergebnisse**

keine

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Weiterarbeiten wie im Arbeitsplan vorgesehen.

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

keine

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

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Stoller GmbH, Bärensteiner Straße 27-29, 01277 Dresden		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7889</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Untersuchungen zu Konditionierungsmethoden für eine Langzeitzwischenlagerung von radioaktiven Abfällen aus dem Betrieb und der Stilllegung kerntechnischer Anlagen. Teilprojekt: Verfahrenstechnische Untersuchungen und Vorhabenkoordination		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.2000 bis 31.12.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 912.256,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Dipl.-Phys. Schneider	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Verbundprojektes mit Partnern des FZ Karlsruhe, FZ Jülich sowie russischen und amerikanischen Instituten ist es, nachzuweisen, dass durch den Einsatz von Polysiloxanen (Material EKOR) die Eigenschaften von Abfallgebinden gezielt so verbessert werden können, dass sie für eine Langzeitzwischenlagerung geeigneter sind.

Das Vorhaben zielt vor allem darauf ab, geeignete Verfahren und Technologien zur Konditionierung/Fixierung von radioaktiven Abfallstoffen (beispielsweise für Altabfälle und Stilllegungsabfälle bei der HDB) zu entwickeln, zu erproben und zu qualifizieren, um auf diesem Weg mit den Ergebnissen allgemeine Bedingungen für den Verfahrenseinsatz abzuleiten, zu prüfen und festzulegen.

Im Teilvorhaben „Verfahrenstechnische Untersuchungen und Koordination des Gesamtprojektes“ sollen verfahrenstechnische Untersuchungen geleitet, sowie die bei FZK, FZJ und Stoller geplanten Arbeiten koordiniert, mit den russischen Partnern abgestimmt und die Ergebnisse zusammengeführt und ausgewertet werden.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Gesamtprojekt enthält folgende Arbeitspakete, für die Abstimmungs- und Koordinierungsarbeiten durchzuführen sowie Ergebnisse zusammenzufassen und auszuwerten sind:

- a) Einordnung von EKOR als Material für spezielle Abfallbehandlungstechnologien (durch vergleichende Bewertung möglicher EKOR-Einsatzfälle)
- b) Zusammenstellung von Unterlagen und Ergebnissen des Kurtschatov-Instituts Moskau in Vorbereitung möglicher EKOR-Einsatzfälle
- c) Erarbeitung von Verfahrenstechnologien für ausgewählte EKOR-Einsatzfälle
- d) Entwicklung von Qualitätssicherungsmaßnahmen für den EKOR-Einsatz
- e) Erprobung der vorgesehenen Verfahren und der Qualitätssicherungsmaßnahmen durch Herstellung inaktiver Demonstrationsobjekte

- f) Erarbeitung von Genehmigungsanträgen für ein Demonstrationsobjekt mit radioaktiven Abfällen
- g) Herstellung eines Demonstrationsobjektes mit radioaktiven Abfällen
- h) Einholung von Gutachten durch die BAM, das BfS und ggf. den TÜV
- k) bis m) Laboruntersuchungen zu Eigenschaften von EKOR

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

- Anfang März fand eine Arbeitsberatung statt, in der Aufgaben und Termine für das 1. Halbjahr zwischen den Vertragspartnern FZK, FZJ, Eurotech, Stoller, dem UAN Spreewerk Lübben und Projektträger abgestimmt.
- Eine Anforderungsliste bzw. ein Fragenkatalog zu benötigten Daten und Informationen zum Material EKOR sowie ein Muster-Sicherheitsdatenblatt wurden zusammengestellt und Eurotech sowie dem Kurtschatov-Institut übermittelt.
- Eine Reise nach Moskau zur Beratung mit Mitarbeitern des Kurtschatov-Instituts wurde zweimal vorbereitet, seitens des Kurtschatov-Instituts konnte dieses Treffen jedoch nicht wahrgenommen werden und wurde deshalb abgesagt.
- Benötigte Daten zur Erstellung von Sicherheitsdatenblättern für die EKOR-Materialien und deren Ausgangsstoffe konnten seitens Eurotech teilweise bereitgestellt werden, ebenso einige allgemeine Informationen zum Material und dessen Eigenschaften.

### **4. Ergebnisse**

Die bereitgestellten Unterlagen sind erste orientierende Informationen, die für eine tiefer gehende planmäßige Bearbeitung der Pakete A) bis D) jedoch noch nicht ausreichend und geeignet waren.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

- Abarbeitung der Arbeitspakete A) und B), Beginn C) und D) unmittelbar nach Erhalt des angeforderten Datenmaterials vom Kurtschatov-Institut,
- Treffen mit Kurtschatov-Mitarbeitern in Moskau und/oder in Dresden bzw. Karlsruhe,
- Beginn von Versuchen zur Verarbeitung von EKOR in Zusammenarbeit mit dem UAN und von Laboruntersuchungen bei FZJ sofort nach Erhalt von EKOR-Ausgangsmaterial.

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

keine

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

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> FZ-Jülich, Leo-Brandt-Straße, 52425 Jülich		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 7899</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Untersuchungen zu Konditionierungsmethoden für eine Langzeitzwischenlagerung von radioaktiven Abfällen aus dem Betrieb und der Stilllegung kerntechnischer Anlagen. Teilprojekt: Laboruntersuchungen zu Polysiloxan		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.2000 bis 31.12.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 642.391,00 DM	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Odoj	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit dem Projekt soll nachgewiesen werden, dass durch den Einsatz von EKOR als Material die Eigenschaften von Abfallbinden gezielt so verbessert werden können, so dass sie für eine Langzeitzwischenlagerung geeigneter sind.

Das Vorhaben zielt vor allem darauf ab, geeignete Verfahren und Technologien zur Konditionierung/Fixierung von radioaktiven Abfallstoffen (beispielsweise für Altabfälle und Stilllegungsabfälle bei der HDB) zu entwickeln, zu erproben und zu qualifizieren, um auf diesem Weg mit den Ergebnissen allgemeine Bedingungen für den Verfahrenseinsatz abzuleiten, zu prüfen und festzulegen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Untersuchungen am reinen EKOR-Polymerisationsprodukt

Ergänzung und Erweiterung des Datenmaterial des Kurtchatov-Instituts unter dem Aspekt der Langzeitzwischenlagerung (30 a).

1. Physikalische Eigenschaften
  - Dichte
  - Porosität
  - Druckfestigkeit
  - Homogenität
2. Thermische Eigenschaften
  - Spezifische Wärmekapazität
  - Wärmeleitfähigkeit
  - Formstabilität, Zersetzung
  - Brennbarkeit

3. Chemische Eigenschaften
  - Korrosionsbeständigkeit
  - Quelleigenschaften
4. Radiologische Eigenschaften
  - $\beta/\gamma$ -Beständigkeit
  - $\alpha$ -Beständigkeit

### **3. Durchgeführte Arbeiten**

Bezüglich Polysiloxane und EKOR wurde eine themenbezogene Literaturrecherche durchgeführt und teilausgewertet. Demnach erscheinen Polysiloxane aufgrund ihrer hohen Strahlenresistenz generell für den geplanten Einsatzbereich in Frage zu kommen. Die EKOR betreffende aussagefähige Literatur stammt ausschließlich aus dem Kurtchatov Institut (RU) und kann so nur als Anregung für mögliche Untersuchungen gesehen werden. Im Dialog mit dem Projektpartner FZK Karlsruhe wurden mögliche Untersuchungen an EKOR in Bezug auf seinen geplanten Einsatz erörtert.

### **4. Ergebnisse**

Es liegen keine Ergebnisse vor, da bisher noch kein Untersuchungsmaterial von der Firma Eurotech zur Verfügung gestellt wurde.

### **5. Geplante Weiterarbeiten**

Nach Erhalt von Untersuchungsmaterial in der gewünschten Form sollen zunächst physikalische und mechanische Eigenschaften wie Dichte und Druckfestigkeit bestimmt werden. In späteren Untersuchungen sollen chemische Eigenschaften mit besonderer Berücksichtigung der Langzeitstabilität gegen aggressive Medien -beispielsweise Natrium- untersucht werden.

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

keine

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

keine

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Projektträger des BMBF und BMWi für Wassertechnologie und Entsorgung (PtWT+E)		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>KWA 9901</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> „Unterstützungsprogramm Granit“		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> vom 01.01.1999 bis 31.12.2002	<b>Berichtszeitraum:</b> vom 01.01.2000 bis 30.06.2000	
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 4.131.519,00 DM	<b>Projektleiter</b> W. Bechthold	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit dem Vorhaben werden die Rahmenbedingungen für die Mitarbeit deutscher Wissenschaftler an den internationalen Forschungsprogrammen im schweizerischen Felslabor Grimsel (FLG) und im schwedischen „Hard Rock Laboratory“ (HRL) Äspö gegeben. Diese durch bilaterale Verträge geregelte Mitarbeit dient der weiteren Vertiefung der Kenntnisse über die Mobilität und Ausbreitung von Radionukliden in der Umgebung eines Endlagers in geklüftetem und wasserführendem Gebirge (Granit) und der Verbesserung der für die Charakterisierung des Endlager-Wirtsgesteins und für die Durchführung von Endlager-Sicherheitsanalysen benötigten Instrumentarien. Zur Erreichung dieser Ziele werden In-situ-Untersuchungen im FLG und im HRL Äspö, Laborversuche an den Standorten der beteiligten Institutionen und die Weiterentwicklung von numerischen Modellen durchgeführt. Durch die Mitarbeit in internationalen Arbeitsgruppen wird der Erfahrungsaustausch und die Kenntniserweiterung auch auf den an die genannten Ziele angrenzenden Feldern ermöglicht.

Die Arbeiten werden bei BGR, FZK, GRS, TU Braunschweig und TU Clausthal durchgeführt. Sie werden ausführlicher in den Berichten über die jeweiligen Vorhaben in Kapitel 2.1 beschrieben.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die folgenden Arbeiten werden im Rahmen der erwähnten bilateralen Verträge ausgeführt:

1. Untersuchungen zu Strömungs- und Transportprozessen und zum Zweiphasenfluss in den technischen Barrieren und im Gebirge (Vorhaben 02 E 9037, 02 E 9198, 02 E 9218)
2. Weiterentwicklung und Erprobung von Methoden zur Bestimmung der Feuchtigkeitsausbreitung und zur Beurteilung der geomechanischen Gebirgseigenschaften in der Umgebung untertägiger Hohlräume (Vorhaben 02 E 9098, 02 E 9208, 02 E 9279)
3. Identifizierung der effektiven Parameter in Modellen für die Ausbreitung von Schadstoffen im Gebirge und Validierung der Modelle (Vorhaben 02 E 9208, 02 E 9218)
4. Untersuchungen zu Migration, Transport und Rückhaltung von kolloidalen und gelösten Radionuklidspesies in den technischen und natürlichen Barrieren (Vorhaben 02 E 9067, FZK/INE, (überwiegend Grundfinanzierung des FZK))

### 3. Durchgeführte Arbeiten

1. Im FLG wurden für den in einem internationalen Projekt geplanten Großversuch (GMT) der Gasgehalt im Gebirge bestimmt. Im HRL Äspö wurde das von BGR, GRS und TU BS und Uni Hannover

bearbeitete Zweiphasenfluss-Projekt beendet. Die Arbeiten zur Modellierung von Strömungs- und Transportprozessen wurden im Rahmen der HRL-Task-Force fortgesetzt.

2. Zur Weiterentwicklung der Methode zur Messung der Feuchtigkeitsausbreitung im Gestein mit geoelektrischen Verfahren wurden im FLG (Vorhaben 02 E 9098, 02 E 9208) und im HRL Äspö (02 E 9279) die Messeinrichtungen installiert.
3. Für das unter Leitung der BGR im FLG durchgeführte Projekt „Effektive Parameter (EFP)“ wurden die Versuche geplant und geoelektrische Testmessungen durchgeführt. Mit dem Programmpaket FRACMAN wurden für den Versuchsort stochastische Kluffnetzwerke erzeugt.
4. Die Messungen der U-/Th-Isotopenverhältnisse in Calciten aus dem HRL Äspö und dem FLG wurden mit der Erstellung von Modellen für die Uran-Mobilisierung beendet. Zur Vorbereitung der Versuche zur Bestimmung der Ausbreitung von Actiniden wurden an Bohrkernen aus dem HRL die hydraulischen Eigenschaften bestimmt. In Laborversuchen wurde das Migrationsverhalten des für die Versuche zu verwendenden Cocktails ermittelt. Für die Versuche mit der CHEMLAB-II-Sonde wurde im HRL Äspö die Handschuhbox eingerichtet.

#### **4. Ergebnisse**

Im Zweiphasenfluss-Projekt wurde eine gute Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen von Rechnungen und Experimenten gefunden. Die entwickelten Programme sind für zukünftige 2D- und 3D-Rechnungen zum Zweiphasenfluss einsetzbar. Die Versuche haben gezeigt, dass im Versuchsgebiet Zweiphasenfluss nur in Klüften, aber nicht in der Gesteinsmatrix auftritt.

In den Batchversuchen zur Migration von Actiniden zeigte sich, dass unter den gegebenen geochemischen Bedingungen die Radionuklide bis zur Nachweisgrenze am Füllmaterial absorbiert werden.

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

Für das Zweiphasenfluss-Projekt wird ein gemeinsamer Schlussbericht erarbeitet. Im FL Grimsel werden die Gas-Messungen zum internationalen Projekt GMT fortgesetzt und die Instrumentierung des Versuchsorts beendet.

Im HRL Äspö wird das internationale Projekt „Prototype Repository“ mit Beteiligung von BGR und GRS begonnen.

Im EFP-Projekt werden die ersten Tracer-Versuche durchgeführt und die numerischen Verfahren zur Simulation der Versuchsergebnisse weiter entwickelt.

Im FLG und im HRL Äspö sind Experimente zur Bestimmung der Migration von Kolloiden und gelösten Radionuklidspezies vorgesehen. Die hierfür benötigten geochemischen Transportmodelle werden weiter verbessert.

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

keine

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

Vejmelka, P.; Fanghänel, Th.; Kienzler, B.; Korthaus, E.; Römer, J.; Schüssler, W.; Artinger, R.: Sorption and Migration of Radionuclides in Granite (HRL ÄSPÖ, Sweden), Wissenschaftliche Berichte FZKA 6488 (in Druck)

Im Internet unter: [http://hikwww4.fzk.de/hbk/literatur/FZKA\\_Berichte/FZKA6488.pdf](http://hikwww4.fzk.de/hbk/literatur/FZKA_Berichte/FZKA6488.pdf)


Siehe Zwischenberichte zu den einzelnen Vorhaben






### 3 Verzeichnis der ausführenden Forschungsstellen





#### **Battelle Ingenieurtechnik GmbH, Düsseldorfer Straße 9, 65760 Eschborn**

- 02 E 9340 Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen  83

#### **Brenk Systemplanung, Heider-Hof-Weg 23, 52080 Aachen**

- 02 S 7839 Überarbeitung und Aktualisierung der Untersuchung zu Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen aufgrund geänderter Rahmenbedingungen  163




#### **BGR, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, 30655 Hannover**

- 02 E 9037 Zweiphasenfluss-Experimente im geklüfteten wasserführenden Kristallin >Gastransport in geklüfteten teilgesättigten Gebirgen<  24
- 02 E 9098 Entwicklung und Erprobung von zerstörungsfreien seismischen In-situ-Methoden zur Beurteilung der geomechanischen und hydraulischen Gebirgseigenschaften in der Umgebung untertägiger Hohlräume in Endlagerformationen  32
- 02 E 9218 Deutsch-Schweizerische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung (Felslabor Grimsel Phase V). Teilprojekt I: Effektive Parameters (EFP); Teilprojekt II: Numerical Calculation of Two-Phase Flow  56
- 02 E 9228 Weiterführung der Arbeiten zu den experimentellen und numerischen Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar  58





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

- 02 S 7788 Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen -Weiterführende Untersuchungen (EBER II)-  153



#### **Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE), Eschenstraße 55, 31224 Peine**

- 02 E 8946 Entwicklung und Erprobung redundanter faseroptischer Messsysteme mit Selbstkontrolle zur Endlagerüberwachung  18
- 02 E 9249 Entwicklung und In-situ-Erprobung faseroptischer Überwachungssysteme unter dem Aspekt des Nachweises der Betriebssicherheit in einem Endlager  62
- 02 E 9289 Versuchsfeldaufwältigung und Rückgewinnung von Materialproben und Messeinrichtungen  70



<b>Forschungszentrum Jülich GmbH, Leo-Brandt-Straße, 52425 Jülich</b>
---

- 02 E 9108 Untersuchungen zur Radionuklidfreisetzung und zum Korrosionsverhalten von bestrahltem Kernbrennstoff aus Forschungsreaktoren unter Endlagerbedingungen  34
- 02 S 7899 Verbundprojekt: Untersuchungen zu Konditionierungsmethoden für eine Langzeitzwischenlagerung von radioaktiven Abfällen aus dem Betrieb und der Stilllegung kerntechnischer Anlagen. Teilprojekt: Laboruntersuchungen zu Polysiloxanen  175
- 02 W 6218 Entwicklung digitaler Safeguardstechniken zur Verbesserung der Effektivität und der Kosteneffizienz und Anpassung an das neue Safeguardssystem INFCIRC/540  139
- 02 W 6228 Das "gestärkte Safeguardssystem" und die Nichtverbreitungs-Herausforderungen -Perspektiven und innovative Lösungsansätze-  142



<b>Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe</b>
--

- 02 S 7879 Verbundprojekt: Untersuchungen zu Konditionierungsmethoden für eine Langzeitzwischenlagerung von radioaktiven Abfällen aus dem Betrieb und der Stilllegung kerntechnischer Anlagen. Teilprojekt: Technische Anwendbarkeit von Polysiloxanen  171
- KWA 9901 Unterstützungsprogramm Granit  177


<b>Forschungszentrum Rossendorf e.V. (FZR), Postfach 510119, 01314 Dresden</b>
--

- 02 E 9299 Untersuchungen über die Komplexierung und die Migration von Aktiniden und nichtradioaktiven Stoffen mit Huminsäuren unter geogenen Bedingungen – Komplexierung von Huminsäuren mit Aktiniden in der Oxidationsstufe IV Th, U, Np  72
- 02 S 7768 Schnelles Freimessverfahren für alpha-aktive Nuklide in Bauschutt durch Direktmessung von großflächigen dünnen Messpräparaten -Automatisierung des Verfahrens-  151

<b>Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., Leonrodstraße 54, 80636 München</b>
--

- 02 C 0537 Entwicklung und In-situ-Test akustischer Verfahren zur zerstörungsfreien Beurteilung von Auflockerungszonen im Salinar  101
- 02 C 0568 Komplexes Mess- und Auswertinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und Untertagedeponien im Salinar; Einbeziehung von Sonarverfahren  107

<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  157

<b>Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Schwertnergasse 1, 50667 Köln</b>
---

- |           |  |     |
|-----------|--|-----|
| 02 C 0608 | Geochemische Barriereeffizienz im anaeroben Deponienahfeld einer UTD (Geochemische Barriere)   | 115 |
| 02 C 0618 | Erstellung einer Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung geochemischer Informationen zum Verhalten von Abfallinhaltsstoffen im Deckgebirge einer UTD/UTV (Sorptionsdatenbank Chemieabfälle)                       | 117 |
| 02 C 0628 | Modellrechnungen zur großräumigen dichteabhängigen Grundwasserbewegung   | 119 |
| 02 C 0659 | Langzeitstabilität von Tondichtungen in Salzformationen  | 125 |
| 02 C 0669 | Hydraulische Kennwerte von tonhaltigen Mineralgemischen zum Verschluss von Untertagedeponien   | 127 |
| 02 C 0679 | Erstellung und Nutzung einer Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung methodenabhängiger Informationen zum Mobilisationsverhalten und zum Schadstoffpotential von organisch und anorganisch belasteten Feststoffen | 129 |
| 02 C 0689 | Gasfreisetzung aus chemisch-toxischen Abfällen in Untertagedeponien  | 131 |
| 02 E 8805 | Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar   | 14  |
| 02 E 8855 | Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern   | 16  |
| 02 E 8986 | Untersuchungen zur geochemischen Stabilität von Tonen in Endlagern und Untertagedeponien im Salzgestein  | 20  |
| 02 E 9006 | Gasfreisetzung und Migration im Boom-Clay von Mol im Projekt >Corrosion on Active Glass in Underground Conditions< (CORALUS) at SCK-CEN in Mol   | 22  |
| 02 E 9047 | Wirksamkeit der Abdichtung von Versatzmaterialien -Geochemische Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Salzversatz mit Zuschlagstoffen-  | 26  |
| 02 E 9118 | Untersuchungen zur hydraulisch wirksamen Auflockerungszone um Endlagerbereiche im Salinar in Abhängigkeit vom Hohlraumabstand und Spannungszustand   | 36  |
| 02 E 9128 | Tertiäre Sedimente als Barriere für die U/Th-Migration im Fernfeld von Endlagern   | 38  |
| 02 E 9138 | Entwicklung eines Modells zur Beschreibung des geochemischen Milieus in hochsalinaren Lösungen   | 40  |
| 02 E 9148 | Entwicklung eines Programms zur dreidimensionalen Modellierung des Schadstofftransportes   | 42  |
| 02 E 9168 | Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Gebirgsspannungsumlagerungen (BARIAN)  | 46  |
| 02 E 9178 | Aktualisierung sicherheitsanalytischer Rechenprogramme für Teilsysteme eines Endlagers (ARTE)  | 48  |

- 02 E 9188 Untersuchungen zur Gas- und Wasserfreisetzung und der Wasserverteilung im Erhitzerversuch im OPALINUS-Ton des Mont Terri-Tunnels 50
- 02 E 9198 Untersuchungen zur Gasausbreitung in den technischen Barrieren Beton und Bentonit sowie im Granit im Felslabors Grimsel (Phase V) 52
- 02 E 9208 Felslabor Grimsel (Phase V): Effektive Parameter (EFP) –Begleitende geoelektrische Untersuchungen- 54
- 02 E 9239 Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern 60
- 02 E 9269 Abschließende Auswertung des Projektes „Thermische Simulation der Streckenlagerung / Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar“ 66
- 02 E 9279 Geoelektrische Untersuchung der Aufsättigung von Bentonitbarrieren im HRL-Äspö-Projekt „Prototype Repository“ 68

**Gruppe Ökologie, Institut für ökologische Forschung und Bildung e.V.;**  
**Kleine Düwelstraße 21, 30171 Hannover**

- 02 E 9350 Vergleichende Bewertung von Entsorgungsoptionen für radioaktive Abfälle 85

**GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Postfach 11 29,**  
**85758 Oberschleißheim**

- 02 S 7828 Planung zur Schließung der Schachanlage Asse – Grundlagen-ermittlung und Vorplanung zu Abschnitt 2.2 des Rahmenterminplans 161


**IfG, Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Friederikenstr. 60, 04279 Leipzig**

- 02 C 0639 Prognose der dynamischen Langzeitstabilität von Grubengebäuden im Salinar 121
- 02 C 0649 Untersuchungen zur Langzeitsicherheit von UTD in Salzformationen der flachen Lagerung im Zusammenhang mit dem Verformungs- und Bruchverhalten -Phase III- 123
- 02 E 9158 Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Spannungsumlagerungen (BARIAN) 44
- 02 E 9259 Untersuchung des Spannungszustandes und des gebirgsmechanischen Verhaltens von Versatz und Wirtsgestein in Abhängigkeit von der Temperatur 64


**Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung e.V., Permoserstr. 15,**  
**04318 Leipzig**

- 02 C 0709 Geochemische Untersuchungen zur Retention von geogenen/anthropogenen Kohlenstoffverbindungen für toxische Schwermetalle 135
- 02 E 9329 Komplexierung und Migration von Al, Ga, In, Sc, Y, La und Schwermetallen mit Huminsäure 79
- 02 E 9380 Migrations- und Sorptionsuntersuchungen geogener Lösungen in Wirtsgesteinsformationen (Tone, Tongestein, Salzgestein) mittels tomographischer Radiotracerverfahren (PET) 91


**ISE, Ingenieurgesellschaft für Stilllegung und Entsorgung mbH,  
Carl-Zeiss-Straße 11, 63322 Rödermark**

- 02 S 7859 Automatische verfälschungssichere Messfeld- und Messwertdokumentation bei Freimessungen mit In-situ-Gamma-Scanning  167



**Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Fritz-Strassmann-Weg 2, 55128 Mainz**

- 02 E 9309 Untersuchungen über das Komplexierungsverhalten von Huminsäuren und deren Einfluss auf die Migration von radioaktiven und nichtradioaktiven Stoffen  74


**Kali und Salz Beteiligungs AG Kassel, Friedrich-Ebert-Str. 160, 34119 Kassel**

- 02 C 0516 Schachtverschlüsse für untertägige Deponien in Salzbergwerken -Forschungsvorhaben Schachtverschluss Salzdetfurth Schacht SA II-  97

**Kali-Umwelttechnik GmbH Sondershausen, Am Schacht II,  
99701 Sondershausen**

- 02 C 0699 Untersuchungen zur Entwicklung, Anwendung und Eignung von mineralischen Gelen und Bindemittelsystemen auf Sorelbasis zur Einbettung und Sorption schadstoffhaltiger Abfallstoffe und zur Verbesserung der Barriere Wirkung von Versatz  133
- 02 E 9057 Wirksamkeit der Abdichtung von Versatzmaterialien –Technikums- und In-situ-Versuche am Dreistoffsystem polymineralisches Salzgestein-Versatzstoff-Fluid-  28


**Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung –Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben-, Stilleweg 2, 30655 Hannover**

- 02 C 0578 Komplexes Mess- und Auswertinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und UTD im Salinar -Einbeziehung elektromagnetischer Verfahren-  109


**Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Universitätsplatz 2,  
39016 Magdeburg**

- 02 C 0486 Grundlagenuntersuchungen zum Dickstoffverfahren mit chemisch/toxischen Abfällen, insbesondere MVA-Filteraschen, im Salinar  95





**Siempelkamp Nuklear- und Umwelttechnik GmbH & Co., Siempelkampstr.  
45, 47803 Krefeld**

- 02 S 7798 Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen -Weiterführende Untersuchungen (FORM II)-  155




**Stoller Ingenieurtechnik GmbH, Bärensteiner Straße 27/29, 01277 Dresden**

- 02 S 7889 Verbundprojekt: Untersuchungen zu Konditionierungsmethoden für eine Langzeitzwischenlagerung von radioaktiven Abfällen aus dem Betrieb und der Stilllegung kerntechnischer Anlagen. Teilprojekt: Verfahrenstechnische Untersuchungen und Vorhabenkoordinierung  173


**TU Bergakademie Freiberg, Akademiestr. 6, 09596 Freiberg**

- 02 C 0527 In-situ-Ermittlung von Strömungskennwerten natürlicher Salzgesteine in Auflockerungszonen gegenüber Gas und Salzlösungen unter den gegebenen Spannungsbedingungen im Gebirge  99
- 02 C 0547 Entwicklung eines Grundkonzepts für langzeitstabile Streckenverschlussbauwerke im Salinar -Bau und Test eines Versuchsverschlussbauwerkes unter realen Bedingungen-  103
- 02 E 9319 Erweiterung der Datenbasis zur thermodynamischen Modellierung der Reaktionen CaSO<sub>4</sub>-haltiger Minerale und des Glaserits bei Temperaturen bis 200°C  77
- 02 E 9330 Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen  81



**TU Clausthal, Adolph-Roemer-Straße 2A, 38670 Clausthal-Zellerfeld**

- 02 C 0588 Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des grubenraumnahen Gebirges in Verbindung mit der Planung von Damm- und Verschlussbauwerken im Salinar. -Teil A: Mechanische Modellbildung und mechanisch-hydraulische Tragwerksanalyse-  111
- 02 C 0598 Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des grubenraumnahen Gebirges in Verbindung mit der Planung von Damm- und Verschlussbauwerken im Salinar. -Teil B: Hydraulische Modellbildung-  113
- 02 E 9067 U-Th-Isotopenverteilung als natürliches Analogon zur Mobilität von Actiniden in granitischen Gesteinen  30



**Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80290 München**

- 02 E 9360 Einfluss von Kolloiden auf die Migration von Actiniden  87


**Universität Dortmund, August-Schmidt-Str. 4, 44227 Dortmund**

- 02 S 7758 Entwicklung und Qualifizierung neuer Zerlege- und Dekontaminationstechniken für den Rückbau von Forschungsreaktoren unter dem Gesichtspunkt der Kostenminimierung  149
- 02 S 7849 Trennen von graphitischen Reaktorbauteilen  165

**Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover**

- 02 S 7818 Entwicklung und Optimierung modularer Strahlschneid- und Handhabungssysteme für den kostengünstigen Rückbau kerntechnischer Anlagen  159
- 02 S 7869 Störungsprävention bei Zerlegearbeiten in kerntechnischen Anlagen durch Spannungsmessungen  169


**Universität Leipzig, Talstraße 35, 04103 Leipzig**

- 02 C 0558 Komplexes Mess- und Auswerteeinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und UTD im Salinar-Geologie, Einbeziehung von Geoelektrik und Seismik-  105

**Universität Stuttgart, Keplerstraße 7, 70550 Stuttgart**

- 02 E 9370 Weiterentwicklung von Simulationstechniken für Gas-Wasser-Prozesse in geklüftet-porösen Medien auf der Feldskala  89

**Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V.,  
Postfach 51 01 19, 01314 Dresden**

- 02 S 7738 Entwicklung und prototypische Anwendung eines In-situ-Röntgenfluoreszenz-Gammaspektrometers zur Detektion der Schwermetallkontamination (Th, U, Pu) beim Rückbau kerntechnischer Anlagen  147