

**Forschungszentrum Karlsruhe
Technik und Umwelt**

PTE Nr. 23

Bericht über die im ersten Halbjahr 2002
vom BMBF und BMWi geförderten FuE-Arbeiten zur
„Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen“

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

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
August 2002

PTE-Berichte

Der vorliegende Bericht dient der aktuellen Unterrichtung der Forschungsstellen, die im Rahmen des Förderkonzeptes „Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen“ FuE-Arbeiten durchführen, sowie der zuständigen Behörden.

Die im Rahmen des Förderkonzeptes „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“ durchgeführten FuE-Arbeiten werden ab 2001 in einer gesonderten Fortschrittsbericht-Reihe (S-Berichte) zusammengestellt.

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 (BMW) die Durchführung der Projektträgerschaft für den Programmbereich „Entsorgung“ übernommen. Dieser umfasst die FuE-Arbeiten, die im Förderkonzept „Forschungsförderung zur Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen“ aufgeführt sind. 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 BMW im Rahmen des Förderkonzeptes geförderten FuE-Vorhaben. Die Betreuung der FuE-Vorhaben erfolgt für folgende Referate in den beiden Ministerien:

Endlagerung radioaktiver Abfälle	BMW Referat III B3
Untertägige Entsorgung chemotoxischer Abfälle	BMBF Referat 621
Altlasten in Bergschadensgebieten	BMBF Referat 621
Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung	BMW Referat III B4

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 Themenbereich 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“ und „Altlasten in Bergschadensgebieten“,
- W ⇒ „Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung“,

Die vom BMW 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

1	Verzeichnis der Fördervorhaben gemäß FuE-Themenbereichen.....	1
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>
1.1.4	<i>Altlasten in Bergschadensgebieten.....</i>	<i>11</i>
2	Formalisierte Zwischenberichte	13
2.1	E-VORHABEN	13
2.2	C-VORHABEN	105
2.4	W-VORHABEN	159
2.5	BMWi-HAUSVORHABEN	167
3	Verzeichnis der ausführenden Forschungsstellen.....	171

1 Verzeichnis der Fördervorhaben gemäß FuE-Themenbereichen

1.1 Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen

1.1.1 Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheits Gesichtspunkten

02 C 0516	Schachtverschlüsse für untertägige Deponien in Salzbergwerken - Forschungsvorhaben Schachtverschluss Salzdettfurth Schacht SA II	K+S Aktiengesellschaft, Kassel	📖 106
02 C 0547	Entwicklung eines Grundkonzepts für langzeitstabile Streckenverschlussbauwerke im Salinar -Bau und Test eines Versuchsverschlussbauwerkes unter realen Bedingungen-	TU Bergakademie Freiberg	📖 108
02 C 0800	Entwicklung eines Messsystems zur Feuchtemessung in Bentonit-Abschlussbauwerken in salinärer Umgebung	Materialforschungs- und prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar	📖 132
02 C 0810	Entwicklung eines Messsystems zur Feuchtemessung in Bentonit-Abschlussbauwerken in salinärer Umgebung	Forschungszentrum Karlsruhe GmbH	📖 134
02 C 0830	Weiterentwicklung eines selbstverheilenden Salzversatzes als Komponente im Barriersystem Salinar	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 138
02 C 0881	Experimentelle und numerische Untersuchungen des Langzeitverhaltens von Abschlussbauwerken im Salinar mit Bentonitgemischen als Dichtelement	Bauhaus-Universität Weimar	📖 148
02 E 9118	Untersuchungen zur hydraulisch wirksamen Auflockerungszone um Endlagerbereiche im Salinar in Abhängigkeit vom Hohlraumabstand und Spannungszustand	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 14
KWA 9901	Unterstützungsprogramm Granit	Forschungszentrum Karlsruhe GmbH	📖 168

1.1.2 Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien

02 C 0628	Modellrechnungen zur großräumigen dichteabhängigen Grundwasserbewegung	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	110
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	112
02 C 0669	Hydraulische Kennwerte von tonhaltigen Mineralgemischen zum Verschluss von Untertagedeponien	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	114
02 C 0689	Gasfreisetzung aus chemisch-toxischen Abfällen in Untertagedeponien	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	116
02 C 0709	Geochemische Untersuchungen zur Retention von geogenen/anthropogenen Kohlenstoffverbindungen für toxische Schwermetalle	Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung e.V., Leipzig	118
02 C 0710	Geochemisches Modell für Zn, Cd und Pb in salinaren Lösungen aus Abfalldéponien und Alt- und Umweltlasten	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	120
02 C 0720	Weiterentwicklung eines Prognosemodells zum Barriereintegritäts- und Langzeitsicherheitsnachweis für Untertagedéponien mit Berücksichtigung von Gefügeschädigung und Schädigungsverheilung auf der Grundlage der Continuum-Damage-Theorie	TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	122
02 C 0820	Zeitliche Veränderung der Ausdehnung und der hydraulischen Eigenschaften von Auflockerungszonen um Hohlräume in Gesteinen mit visko-plastischen Eigenschaften	TU Bergakademie Freiberg	136
02 C 0841	Herkunft und Migration mineralgebundener Gase in marinen Evaporiten	TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	140
02 C 0851	Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedéponien - Geosonar- und Ultraschallverfahren-	Fraunhofer Gesellschaft, München	142
02 C 0861	Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedéponien - Geoelektrik, Seismik, Geologie-	Universität Leipzig	144
02 C 0871	Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedéponien -Elektromagnetik, Georadar, Quantitative Charakterisierung von Problemzonen-	Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben GGA, Hannover	146

02 C 0892	Prognose der dynamischen Langzeitstabilität von Grubengebäuden im Salinar unter Berücksichtigung von Diskontinuitäts- und Schichtflächen	IfG, Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig	📖 150
02 C 0902	Wissenschaftlich-technisches Programm für den Rückbau des in situ getesteten Versuchsverschlussbauwerkes in der Grube Sondershausen	TU Bergakademie Freiberg	📖 152
02 C 0912	Geochemische Modellierung des Langzeitverhaltens von silikatischen und aluminosilikatischen Materialien	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 154
02 C 0922	Verschlosssystem mit Äquipotenzialsegmenten für die untertägige Entsorgung (UTD und ELA) gefährlicher Abfälle zur Sicherstellung der homogenen Befeuchtung der Dichtelemente und zur Verbesserung der Langzeitstabilität	Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), Karlsruhe	📖 156
02 E 9138	Entwicklung eines Modells zur Beschreibung des geochemischen Milieus in hochsalinaren Lösungen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 16
02 E 9148	Entwicklung eines Programms zur dreidimensionalen Modellierung des Schadstofftransports	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 18
02 E 9178	Aktualisierung sicherheitsanalytischer Rechenprogramme für Teilsysteme eines Endlagers (ARTE)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 20
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	📖 22
02 E 9218	Deutsch-Schweizerische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung (Felslabor Grimsel Phase V). Teilprojekt I: Effective Parameters (EFP); Teilprojekt II: Numerical Calculation of Two-Phase Flow.	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover	📖 24
02 E 9239	Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 26
02 E 9249	Entwicklung und In-situ-Erprobung faseroptischer Überwachungssysteme unter dem Aspekt des Nachweises der Betriebssicherheit in einem Endlager	DBE Technology GmbH, Peine	📖 28
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	📖 30
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	📖 32

02 E 9279	Geoelektrische Untersuchung der Aufsättigung von Bentonitbarrieren im HRL-Äspö-Projekt „Prototype Repository“	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 34
02 E 9289	Versuchsfeldaufwältigung und Rückgewinnung von Materialproben und Messeinrichtungen	Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE), Peine	📖 36
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	FZR, Forschungszentrum Rossendorf, Dresden	📖 38
02 E 9309	Untersuchungen über das Komplexierungsverhalten von Huminsäuren und deren Einfluss auf die Migration von radioaktiven und nichtradioaktiven Stoffen	Johannes Gutenberg-Universität, Mainz	📖 40
02 E 9329	Komplexierung und Migration von Al, Ga, In, Sc, Y, La und Schwermetallen mit Huminsäure	Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung e.V., Leipzig	📖 42
02 E 9330	Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen	TU Bergakademie Freiberg	📖 44
02 E 9340	Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen	BUTEC Umwelttechnik GmbH, Eschborn	📖 46
02 E 9360	Einfluss von Kolloiden auf die Migration von Actiniden	TU München	📖 48
02 E 9370	Weiterentwicklung von Simulationstechniken für Gas-Wasser-Prozesse in geklüftet-porösen Medien auf der Feldskala	Universität Stuttgart	📖 50
02 E 9380	Migrations- und Sorptionsuntersuchungen geogener Lösungen in Wirtsgesteinsformationen (Tone, Tongestein, Salzgestein) mittels tomographischer Radiotracerverfahren (PET)	Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung e.V., Leipzig	📖 52
02 E 9390	Untersuchungen zur Gasentwicklung und -freisetzung aus dem Tonversatz sowie dessen Gas- und Wasserpermeabilität im Projekt "Full Scale Engineered Barriers Experiment in Crystalline Host Rock - Phase II" FEBEX II	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 54
02 E 9400	Untersuchungen zur Gasentwicklung und -freisetzung im Boom Clay in Mol im Projekt: "Integrated in Situ Corrosion Test on Alpha-Active High Level Waste Glass - Phase 2" CORALUS 2	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 56
02 E 9410	Transport und Rückhaltung von Schadstoffen in alterierten Kluftbereichen des HRL Äspö	TU-Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	📖 58

02 E 9420	Laboruntersuchungen der gekoppelten hydraulisch-mechanischen Eigenschaften von Kernproben des Allovo-Oxfordian Tonsteins am Standort Meuse/Haute Marne im Projekt MODEX-REP	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	60
02 E 9430	Modellierung des Aufsättigungsverhaltens von Bentonit im Endlager im Kristallin, Mitarbeit in der Task Force "EBS" des HRL Äspö	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	62
02 E 9440	Entwicklung einer Methode zur verbesserten Rückhaltung von Iod und Selen im Nahbereich eines Endlagers	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	64
02 E 9450	Quantenmechanische Modellierung der aquatischen und Sorptions-Chemie von Aktinoiden	TU München	66
02 E 9461	Untersuchung der chemischen und hydrochemischen Wechselwirkungen von Ton/Zement-Systemen; ECOC-LAY - Phase II	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	68
02 E 9471	Entwicklung einer mineralspezifischen Sorptions-Datenbank für Oberflächenkomplexierungsmodelle	FZR, Forschungszentrum Rossendorf, Dresden	70
02 E 9481	Einsatz von Organo-Tonen als Adsorber für problematische Anionen in geotechnischen Barrieren	Universität Hannover	72
02 E 9491	Wechselwirkung von Actiniden mit dominanten Bakterien des Äspö-Grundwasserleiters	FZR, Forschungszentrum Rossendorf, Dresden	74
02 E 9501	Geoelektrische Untersuchung der Entsättigung des Opalinuston im Ventilationsversuch im Mont Terri-Untertagelabor	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	76
02 E 9511	Gegenüberstellung von Endlagerkonzepten im Salz und Tongestein (GEIST)	DBE Technology GmbH, Peine	78
02 E 9521	Übertragung des Sicherheitsnachweiskonzeptes für ein Endlager im Salz auf andere Wirtsgesteine (ÜBERSICHT)	DBE Technology GmbH, Peine	80
02 E 9531	Untersuchung Thermischer Expansions-Effekte (TEE) in Tonformationen	DBE Technology GmbH, Peine	82
02 E 9541	Vorprojekt zur Beteiligung am Forschungsprogramm der ANDRA im URL Bure	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	84
02 E 9551	Anwendung von Transportprogrammen auf die Nuklidmigration in natürlichen Gesteinsformationen mit Feldmessungen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	86
02 E 9561	Modellentwicklung zur Quellung hochkompakter Bentonite im Kontakt zu Lösungen unterschiedlicher Salinität im Temperaturbereich 25 - 120°	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	88

02 E 9571	Koordination geowissenschaftlicher Tätigkeiten in alternativen Wirtsgesteinen	DBE Technology GmbH, Peine	📖 90
02 E 9582	Verbundprojekt: Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Spannungsumlagerungen (BARIAN) Phase 2	IfG, Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig	📖 92
02 E 9592	Verbundprojekt: Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Spannungsumlagerungen (BARIAN) Phase 2	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 94
02 E 9602	Untersuchungen zur Gaserzeugung und –freisetzung sowie dem Wassergehalt und der Wasserumverteilung im Erhitzerversuch im Opalinus-Ton des Mont Terri-Tunnels	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 96
02 E 9612	Anforderungen an die Standorterkundung für HAW-Endlager im Hartgestein	DBE Technology GmbH, Peine	📖 98
02 E 9622	Anforderungen an die Standorterkundung für HAW-Endlager im Hartgestein	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 100
02 E 9632	Laborative und numerische Grundlagenuntersuchungen zur Übertragbarkeit von Stoffmodellansätzen und EDV-Software für Endlager im Salzgestein auf Endlager im Tonstein	TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	📖 102

1.1.3 Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung

- | | | | |
|-----------|--|----------------------------------|-------|
| 02 W 6218 | Entwicklung digitaler Safeguardstechniken zur Verbesserung der Effektivität und der Kosteneffizienz und Anpassung an das neue Safeguardssystem INFCIRC/540 | Forschungszentrum
Jülich GmbH | 📖 160 |
| 02 W 6228 | Das "Gestärkte Safeguardssystem" und die Nichtverbreitungs-Herausforderungen, Perspektiven und innovative Lösungsansätze | Forschungszentrum
Jülich GmbH | 📖 162 |
| 02 W 6232 | Internationale Safeguards- und Technologiekontrolle unter neuen technologischen und politischen Rahmenbedingungen | Forschungszentrum
Jülich GmbH | 📖 164 |

1.1.4 Altlasten in Bergschadensgebieten

- | | | | |
|------------------|--|--|-------|
| 02 C 0730 | Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt
- Teilvorhaben 1: Gesamtprojektkoordinierung, geochemische Untersuchungen und Monitoring | Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover | 📖 124 |
| 02 C 0750 | Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt
- Teilvorhaben 3: Bergschadensbewertung, Geohydraulik und Sanierungsmaßnahmen | Kali-Umwelttechnik GmbH, Sondershausen | 📖 126 |
| 02 C 0760 | Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt
- Teilvorhaben 4: Thermodynamische Modellierung, Abdichtsysteme von Altablagerungen, Gesamtbewertung Gefährdungspotential | Brandenburgische TU, Cottbus | 📖 128 |
| 02 C 0770 | Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt
- Teilvorhaben 5: Struktur- und hydrogeologische Analyse im Bergschadensgebiet Staßfurt - Entwicklung hydraulischer Sicherungs- und Sanierungskonzepte | IHU Geologie und Analytik Gesellschaft für Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH, Stendal | 📖 130 |

2 Formalisierte Zwischenberichte

2.1 E-Vorhaben

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9118	
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur hydraulisch wirksamen Auflockerungszone um Endlagerbereiche im Salinar in Abhängigkeit vom Hohlraumabstand und Spannungszustand			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten			
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1998 bis 30.04.2003		Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.028.413,00 EUR		Projektleiter: Dipl.-Geophys. Wieczorek	

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 Hohlraumerrstellung 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.

Das Vorhaben wird im Rahmen des Projekts „BAMBUS II“ von der Europäischen Union gefördert.

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

AS4: Die Permeabilitätsmessungen in den horizontalen Bohrlöchern zwischen Kammer 8b und Kammer 8 auf der 532-m-Sohle wurden nahezu abgeschlossen. Zusätzlich wurden die Bohrlöcher mit einer Bohrlochkamera abgefahren, um Makrorisse oder andere Störungen zu detektieren und zu den Ergebnissen der Permeabilitätsmessungen in Relation zu setzen.

AS5: Die Gasinjektionstests im unmittelbaren Sohlenbereich der AHE-Strecke wurden beendet.

AS8: Zusätzliche Permeabilitätsmessungen unterhalb der Sohle des TSDE-Versuchsfeldes wurden ins Messprogramm aufgenommen.

4. Ergebnisse

AS4: Die Permeabilitätsmessungen im Pfeiler auf der 532-m-Sohle deuten darauf hin, dass im Gegensatz zum Zentrum des Pfeilers, in dem keine Auflockerung festzustellen ist, eine sehr ausgeprägte Auflockerung am Pfeilerrand zur Kammer 8 hin besteht. Die Vermutung, dass Makrorisse oder Abschalungen zu festgestellten lokalen Permeabilitätserhöhungen führen, wurde durch die Untersuchungen mit der Bohrlochkamera nicht bestätigt. Es wurden aber Sulfatlagen festgestellt, die Ursache für lokale Permeabilitätserhöhungen sein können.

AS5: Die Permeabilität unmittelbar unter der Platte liegt im Bereich von 10^{-16} m^2 und nimmt nach unten ab, wobei die ab einer Tiefe von 0.5 m gemessenen Werte mit den in früheren Packer-tests ermittelten übereinstimmen.

5. Geplante Weiterarbeiten

AS3: Auswertung der Gebirgsspannungsmessungen

AS4: Beendigung der Packertests auf der 532-m-Sohle und Durchführung von Messungen im TSDE-Versuchsfeld

AS5: Laugeninjektionstests im Nahbereich der Sohle der AHE-Strecke

AS6: Mechanische Modellierung von AHE-Strecke und Kammer 8/8b auf der 532-m-Sohle

AS7: Abschließende Auswertung

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9138
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung eines Modells zur Beschreibung des geochemischen Milieus in hochsalinaren Lösungen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1998 bis 30.09.2002	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.405.386,46 EUR	Projektleiter: 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

Es wurde eine Transportrechnung mit LOPOS durchgeführt, bei der erstmals in jedem Zeitschritt das thermodynamische Gleichgewicht ausgerechnet wurde. Für eine weitere Rechnung wurde die für chemapp entwickelte Datenbasis um die Radionuklide U, Np, Tc und Cm erweitert. Die Erweiterung um Daten für die Elemente Se und I wurde vorbereitet.

Die Löslichkeitsversuche, die bei höheren Temperaturen als 25 °C angesetzt und dann abgekühlt wurden, wurden abgeschlossen. Ergänzende Versuche (Löslichkeits- und isopiestic Messungen) im System Fe(II)-K-SO₄-H₂O wurden durchgeführt.

Der Aufbau eines alternativen Verfahrens zur Bestimmung der Sättigungskonzentration von H₂S in hochsalinaren Lösungen wurde abgeschlossen. Bestimmungen im System H₂S-NaCl-H₂O wurden durchgeführt.

Die im Rahmen eines Unterauftrages durchgeführten isopiestic Messungen in den Systemen Fe(III)-Na,K,Mg,Ca-Cl-H₂O wurden abgeschlossen.

4. Ergebnisse

Vergleichsrechnungen mit LOPOS, bei denen nicht in jedem Zeitschritt das thermodynamische Gleichgewicht ausgerechnet wurde, ergaben signifikante Unterschiede.

Die Einstellung des thermodynamischen Gleichgewichts bei den Löslichkeitsversuchen konnte an den ausgewählten Punkten nachgewiesen werden.

Für das experimentell schwierige System Fe(II)-K-SO₄-H₂O konnten weitere Daten gewonnen werden.

Literaturdaten für die Löslichkeit von H₂S in NaCl-Lösungen konnten reproduziert und durch eigene Daten ergänzt werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

Planung und Durchführung einer weiteren gekoppelten Transportrechnung mit Radionukliden. Programmentwicklung und Durchführung von Validierungsrechnungen für die Sättigungskonzentrationen von Radionukliden in Salzlösungen (Vergleich mit Ergebnissen aus der Literatur). Bestimmung der H₂S-Löslichkeit in weiteren, bisher von niemanden untersuchten Systemen. Berechnung von Pitzer-Parametern für die Systeme Fe(II), Fe(III) – Na, K, Mg, Ca – Cl, SO₄ – H₂O. Durchführung von Titrationsversuchen mit Hydrogensulfid.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

in Vorbereitung

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9148
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung eines Programms zur dreidimensionalen Modellierung des Schadstofftransports		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1998 bis 30.06.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.415.450,73 EUR	Projektleiter: 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

Im Falle linearer Transportprozesse lassen sich homogene Ersatzparameter bestimmen, die in guter Übereinstimmung mit der Theorie das heterogene Medium reproduzieren. Im Falle nichtlinearer Adsorptionsprozesse und anderer reaktiver Transportsituationen müssen in einer homogenen Ersatzsimulation nichtlokale Effekte bei der Lösung der Transportgleichung berücksichtigt werden.

Es konnte gezeigt werden, dass für nichtlineare Sorption Verfahren erster Ordnung zur Diskretisierung nicht ausreichen. Inzwischen wurden Verfahren höherer Ordnung entwickelt und in den Programmcode integriert. Sie liefern zufrieden stellende Ergebnisse für nichtlineare Sorption.

Die "flux-based method of characteristics" wurde verbessert. Unter bestimmten Bedingungen können Courant-Zahlen $\gg 1$ erreicht werden. Die Probleme, die bei der Benutzung von Strömungsfeldern von d^3f durch Interpolationen auftreten können, wurden beseitigt.

Erste realistische Testrechnungen mit 26 Radionukliden und linearer Sorption wurden zwei- und dreidimensional durchgeführt. Es wurde ein Gitter mit maximal 54 000 Elementen benutzt. Die Rechnungen wurden auf einem PC-Cluster mit 16 Prozessoren durchgeführt. Die benötigten Rechenzeiten lassen sich hochrechnen: Für eine Modellzeit von 10 000 a werden ca. sieben Tage Rechenzeit benötigt

Das Einblenden von topographischen Karten, referenziert in Gauss-Krüger-Koordinaten, in Ergebnis- und Modelldarstellungen ist jetzt möglich. Die letzten Integrationsmethoden für zweidimensionale Modelle sind fertig gestellt und getestet.

Die Vektorfeldclustering-Methode zur Darstellung von Geschwindigkeitsfeldern wurde weiterentwickelt. Ebenso wurden die Arbeiten an einer Methode zur Geschwindigkeitsbestimmung aus experimentellen Videoaufnahmen weitergeführt.

Am 4. - 6. Juni 2002 fand in Zürich das 7. Statusgespräch statt.

4. Ergebnisse

keine

5. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten werden entsprechend der im Antrag angegebenen Vorgehensweise fortgesetzt.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Mit Schreiben vom 29. April 2002 wurde dem Projektträger eine Liste aller bis heute in diesem Projekt entstandenen Veröffentlichungen zugesandt.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9178
Vorhabensbezeichnung: Aktualisierung sicherheitsanalytischer Rechenprogramme für Teilsysteme eines Endlagers (ARTE)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.1999 bis 30.09.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 870.743,37 EUR	Projektleiter: 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: Weiterarbeit an der FEP-Liste für die Wiederaufsättigung des Bentonits im Rahmen der Kofinanzierung mit dem EU-Projekt BENIPA

AS2: Einbau des Effektes "Kolloide in Klüften" in das Rechenprogramm CHETMAD

Allgemein: Anpassung einiger Prä- und Postprozessoren an veränderte Module

4. Ergebnisse

AS1: Die FEP-Liste wurde erweitert.

AS2: Das erweiterte Rechenprogramm CHETMAD liegt vor.

Ein erneuerter Präprozessor für Rechnungen mit den Modulen des Programmpakets EMOS liegt vor.

5. Geplante Weiterarbeiten

AS1+AS2: Weiterführung der Arbeiten im Rahmen der Kofinanzierung mit dem EU-Projekt BENIPA.

AS3: Beginn der Untersuchungen zur Überlagerung von Advektion und Konvektion

AS5: Überarbeitung der Prä- und Postprozessors für probabilistische Rechnungen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9198	
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Gasausbreitung in den technischen Barrieren Beton und Bentonit sowie im Granit im Felslabor Grimsel (Phase V)			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1998 bis 30.09.2002		Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 445.189,00 EUR		Projektleiter: 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 wird von GRS die Gasmigration in den technischen Komponenten (Beton, Bentonit) und im angrenzenden Gebirge untersucht. Unter realistischen Bedingungen soll das Zusammenwirken im Normalfall und im Falle 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 Granits (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

Die im August 2001 begonnene Flutung des Gesamtsystems, bestehend aus dem Silo, der Bentonitabdichtung und der Streckenverfüllung, war bis Juni 2002 noch nicht abgeschlossen. In dem Betonverschlussbauwerk zeigten sich in den Arbeitsfugen sowie im Übergang vom Beton zum Gebirge Undichtigkeiten, über die ein großer Teil des eingepumpten Wassers wieder abfloss. Nachdem aufwendige Abdichtmaßnahmen mit injiziertem Kunstharz vorgenommen wurden, konnte im Silo, der Bentonitabdichtung und der Streckenverfüllung ein Wasserdruck von 0,4 bis 0,5 MPa aufgebaut werden. Seitdem im System ein konstanter Druck aufgebaut und gehalten werden kann, wurde im Mai 2002 damit begonnen, Gasdiffusionsmessungen in den verschiedenen Bauwerkskomponenten durchzuführen, indem die Gasprobenehmer mit einem Gasgemisch (H_2 , He, Kohlenwasserstoffe, O_2) beaufschlagt wurden.

Im Labor wurden Proben aus dem Betonverschluss (Vent) für die Bestimmung der Gas- und Wasserpermeabilität präpariert.

4. Ergebnisse

Die Drücke in den Gasprobennehmern werden direkt durch den Flutungsvorgang bestimmt, so dass keine Aussage über die Rate der natürlichen Gasproduktion gemacht werden kann.

In den Gasprobennehmern gab es bis zur Beaufschlagung mit dem Gasgemisch keine signifikante Änderung in der Gaszusammensetzung. Die ersten Messungen zur Gasausbreitung in den Bauwerkskomponenten haben ergeben, dass bei Fluidruckkonstanz im Probenehmer und im Bauwerk nachweisbar Gas in die Umgebung diffundiert. Für die genauere Bewertung sind jedoch Wiederholungsmessungen notwendig.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Aufzeichnung der sich einstellenden Fluiddrücke in den verschiedenen Bauwerkskomponenten.
- Fortführung der Diffusionsmessungen in den Bauwerkskomponenten mit injizierten Tracergasen.
- Nach Abschluss der Diffusionsmessung Beaufschlagung der Probenehmer mit Wasser zur Bestimmung der Wasserpermeabilität in den Bauwerkskomponenten.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuweisungsempfänger: BGR, Stilleweg 2, 30655 Hannover		Förderkennzeichen: 02 E 9218
Vorhabensbezeichnung: Deutsch-Schweizerische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung (Felslabor Grimsel Phase V). Teilprojekt I: Effective Parameters (EFP); Teilprojekt II: Numerical Calculation of Two-Phase Flow		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1998 bis 30.06.2002	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 527.921,14 EUR	Projektleiter: Dr. Shao	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

EFP

Im dem Vorhaben sollen die vorhandenen konzeptionellen Modellvorstellungen und die numerischen Programme für die Modellierung der großräumigen Schadstofftransportprozesse in geklüfteten Formationen überprüft bzw. anhand der 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 sowie des Matrixbereiches durch Ableitung der hydraulischen Kennwerte aus der Klufstatistik,
- 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 Verhältnisse.

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,
- Ermittlung von physikalischen Parametern zur Zweiphasenströmung in porösen und geklüfteten Medien anhand von Versuchsdaten und die 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 Zusammenarbeit
- Bewertung des Modells.

GMT

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

3. Durchgeführte ArbeitenEFP

- Um die ‚Tailing‘-Effekte bei einem Tracerversuch über größere Distanzen und längerer mittlerer Verweilzeit zu beobachten, wurde die Messung bis Ende März durchgeführt.
- Abbau und Rücktransport des Versuchsequipments
- Auswertung der Multi-Tracerversuche mit unterschiedlichen Fluoreszenzfarbstoffen und Strontiumsalz im Hochdruckbereich.
- Bewertung von Modellergebnissen aus verschiedenen Codes mit Berücksichtigung der In-situ-Messdaten
- Zusammenstellung aller Auswertungen und Bewertungen im Abschlussbericht

GMT

- Analyse der Versuchsdaten aus Aufsättigungsphasen
- Modifikation des konzeptionellen Modells anhand der Daten für die Modellierung des In-situ-Versuchs

4. ErgebnisseEFP

- Die im Antrag festgelegten Arbeitsprogramme wurden termingerecht abgeschlossen. Die erzielten Ergebnisse wurden auf dem ISCO Meeting (März 2002) präsentiert und sind von Teilnehmern mit Zustimmung anerkannt worden.
- Die Ergebnisse legen die Empfehlung nahe, dass nur mit einer kombinierten Modellierungsstrategie, unter Berücksichtigung deterministischer und stochastischer Verteilungen der effektiven Modell-Parameter die großräumige Vorausberechnung durchgeführt werden kann. Jedoch sollten weitere Feldversuche im mittel- und großräumigen Maßstab helfen, die effektiven Parameter von der mittleren auf die größere Skala zu übertragen. Bisher existieren hinsichtlich dieses „Upscaling“ Prozesses immer noch statistische Unsicherheiten.
- Die nichtlineare Adoptions- und Desorptionsdynamik, die auf chemische Reaktion zwischen Festphase und Fluidphase zurückzuführen ist, kann im Nahbereich zur Quelle wichtig werden. Im Fernbereich hingegen scheint das Konzept der Matrixdiffusion und das K_D -Konzept aufgrund der allgemeinen niedrigen Konzentration eine genügende Vorhersagefähigkeit sicherstellen.

GMT

- Die kurze Zeit zwischen erstem Wasserzutritt und Aufsättigung deutete darauf hin, dass eine starke Heterogenität im gesamten System existiert. Offensichtlich ist letztere auf bevorzugte Fließwege um installierte Instrumente zurückzuführen.

5. Geplante WeiterarbeitenEFP

- Überarbeiten des Abschlussberichts in Form eines NTBs (Nagra Technische Bericht)

GMT

- Weiterführung der Modellierungsarbeit von zweiphasen In-situ-Aufsättigungs- und Gasinjektionsprozessen anhand von Versuchsdaten im Rahmen eines BGR-Arbeitspakets bis Ende 2003.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Abschlussbericht BGR Bericht an PtWT+E

Shao, H. (2002), Predictive modelling of GMT in situ experiment within a comparative modelling exercise, Nagra GMT/IR 01-08, Wettingen, Schweiz

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9239
Vorhabensbezeichnung: Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2000 bis 31.07.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.552.861,45 EUR	Projektleiter: 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.
- Fachliche Begleitung und Mitarbeit bei Endlager-Projekten in Osteuropa und Russland.

3. Durchgeführte Arbeiten

- TA 1: - Mitarbeit in Arbeitsgruppe „Management of radioactive waste“ des Consultative Committee Euratom-Fission. Einbringen der deutschen Aspekte zur Endlagerung in 6. Rahmenprogramm.
- Teilnahme am 9. Workshop der Natural Analogue Working Group (NAWG) in Aarau mit einem Beitrag über das Ruprechtov-Projekt.
 - Teilnahme an den Sitzungen des RWMC und der IGSC-Group der NEA.

- Zusammenstellung der relevanten Prozesse und Effekte bei der Radionuklidmobilisierung und -ausbreitung aus Endlagern in Tonformationen.
 - Durchführung und Abgabe der geochemischen Modellrechnungen zur Oberflächenkomplexierung im Rahmen des Sorptionsprojekts Phase II der NEA.
 - Teilnahme an der Arbeitssitzung des von der GRS Köln koordinierten Arbeitskreises über Szenarienanalysen. Diskussion der Szenarienanalyse der BGR für das ERAM.
 - EU-Projekt SPIN: Zusammenstellung von Referenzwerten für Sicherheitsindikatoren. Abschließende Bewertung der getesteten Performance- und Sicherheitsindikatoren für die Verwendung in zukünftigen Langzeitsicherheitsanalysen.
- TA 2: - Überarbeitung des Konvergenzansatzes: Berücksichtigung der Stützwirkung von Abfallkörpern sowie Berücksichtigung von Selbstversatz durch Abschaltung in offenen Hohlräumen.
- Planung der Mitarbeit der GRS am EU-finanzierten Projekt „Novaya Zemlya“ zur Endlagerung radioaktiver Abfälle im Perma Frost.
 - Mitarbeit im Projekt „Scientific and Technical Grounds for Chernobyl NPP Radioactive Waste in Deep Boreholes in Korostensky Crystalline Massiv“ (STCU): Durchsicht und Kommentierung eines detaillierten Zwischenberichts mit Diskussion der Ergebnisse.

4. Ergebnisse

- TA 1: - Ein Bericht zur Sinnfälligkeit bestehender Kriterien verschiedener Länder zur Einteilung radioaktiver Abfälle in verschiedene Klassen liegt im Entwurf vor.
- EU-Projekt SPIN: Ein Zwischenbericht zur Bewertung der getesteten Performance- und Sicherheitsindikatoren liegt vor.

5. Geplante Weiterarbeiten

- TA 1: - Teilnahme an den Sitzungen des RWMC.
- Vorbereitung des integrierten Projekts „Simulation Approaches and Methodologies for the Performance Assessment of a Nuclear Waste Repository“ zum 6. Rahmenprogramm der EU.
 - Weiterführung der gemeinsamen Arbeiten mit FZK-INE zur Berücksichtigung des kolloidge-tragenen Schadstofftransports in Langzeitsicherheitsanalysen.
 - Vorbereitung eines Projekts zur Langzeitsicherheitsanalyse von Endlagern in Tonformationen. Festlegung der Arbeiten zur Weiterentwicklung von Rechenprogrammen.
 - Mitarbeit im EU-Projekt NANet.
 - Teilnahme am Workshop zum Sorptionsprojekt Phase II der NEA mit Auswertung der Benchmark-Rechnungen und Abstimmung der weiteren Vorgehensweise.
 - EU-Projekt SPIN: Fertigstellung des Abschlussberichts und einer CD-ROM.
- TA 2: - Dokumentation der Arbeiten zum Konvergenzansatz.
- Beschreibung eines Referenzszenarios und Zusammenstellung der Daten für Modellrechnungen am Standort Novaya Zemlya.
 - STCU-Projekt: Hinweise auf weiterführende Arbeiten zur Standortauswahl mit Aufstellung eines Arbeitsprogramms.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine	Förderkennzeichen: 02 E 9249
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung und In-situ-Erprobung faseroptischer Überwachungssysteme unter dem Aspekt des Nachweises der Betriebssicherheit in einem Endlager	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2000 bis 31.07.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.894.336,42 EUR	Projektleiter: Dipl.-Geophys. 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

Der In-situ-Test des optischen pH-Sensors im Sanierungsbetrieb Königstein (Sachsen) wurde fortgeführt. Im Rahmen von Wartungseinsätzen wurde der Reflektor des Sensors ausgetauscht und Nachkalibrierungen vorgenommen. Die Software zur Auswertung der optischen Daten wurde verbessert.

Der zweite Teil der Installation der faseroptischen Sensoren im Endlager Morsleben wurde im April planmäßig durchgeführt. Installiert wurde ein faseroptisches Extensometer im Stoß eines Abbaus auf der zweiten Sohle parallel zu einer Bohrung, in der konventionell gemessen wird, so dass eine vergleichende Analyse möglich wird. Das System hat den Messbetrieb aufgenommen.

Im Felslabor Grimsel (Granit) der NAGRA (Schweiz) werden faseroptische Sensoren im Rahmen eines von der japanischen Firma RWMC durchgeführten Versuches (GMT) eingesetzt, um ihre Funktionalität innerhalb einer geotechnischen Barriere zu überprüfen. Mehrere der eingebauten Sensoren sind ausgefallen. Die Ursache ist noch unklar und kann gesichert erst nach der geplanten Aufwältigung des Versuches geklärt werden. Vom 22.-24. Mai fand das jährliche ISCO-Treffen aller im Felslabor agierenden Partner statt. Im Rahmen dieses Treffens wurde vereinbart, den GMT Versuch bis Ende 2004 zu verlängern.

Die Messungen der im Schacht Konrad installierten faseroptischen Demonstrationsanlage wurden planmäßig fortgeführt. Im Rahmen von Wartungseinsätzen wurden einzelne Teile der Erfassungsanlage ausgetauscht.

4. Ergebnisse

keine

5. Geplante Weiterarbeiten

Konrad: Kontinuierliche Fortführung der Messungen
 Grimsel: Kontinuierliche Fortführung der Messungen und Fehleranalyse
 Morsleben: Kontinuierliche Fortführung der Messungen
 Königstein: Kontinuierliche Fortführung der Messungen
 Labor: Fortführung der Entwicklungsarbeiten am Wasserstoffsensoren

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Jobmann, M. 2002: Faseroptische Mess-Systeme und ihre Einsatzmöglichkeiten im Bereich der Endlagerung, Internationale Zeitschrift für Kernenergie, atw 47, Heft 6, Juni

Auftragnehmer: IfG, Friederikenstraße 60, 04279 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 E 9259	
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung des Spannungszustandes und des gebirgsmechanischen Verhaltens von Versatz und Wirtsgestein in Abhängigkeit von der Temperatur			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2000 bis 30.04.2003		Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 135.761,29 EUR		Projektleiter: Dr. Kamlot	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit dem im Rahmen des EU-Projekts „BAMBUS II“ 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.

Das Vorhaben wird im Rahmen des Projekts "BAMBUS II" von der Europäischen Union gefördert.

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 Versuchsstrecke.

3. Durchgeführte Arbeiten

- Weiterführung der Spannungs Sondierungen im Pfeiler zwischen den Erhitzerstrecken sowie in einer zusätzlichen Bohrung im Bereich der nördlichen Zufahrtsstrecke außerhalb des erwärmten Gebirgsbereiches.
- Anpassung eines Stoffgesetzes auf Basis der Formulierung von HEIN an die im Labor durchgeführten Versatzversuche.
- Simulation der Laborversuche mit Rechenmodellen und Parameteranpassung.
- Berechnung der Temperaturausbreitung und Versatzkompaktion in einer Einzelstrecke im Steinsalz.

4. Ergebnisse

Die Spannungs sondierungen bestätigen den schon festgestellten Effekt der Gebirgsspannungserhöhung im abkühlenden Pfeiler zwischen den Erhitzerstrecken. In der Aufheizphase kam es zu einer Spannungsrelaxation, die jetzt wieder zurück geht.

Mit dem modifizierten Stoffansatz nach HEIN lassen sich die Versatzversuche befriedigend nachvollziehen. Die gekoppelte thermo-mechanische Berechnung einer versetzten Einzelstrecke lässt eine starke Abhängigkeit der Temperaturleitfähigkeit im Versatz von der Porosität erkennen. In unterschiedlichen Fallstudien wurde festgestellt, dass eine zu niedrige Temperaturleitfähigkeit zu Beginn der Kompaktion zu einem unrealistisch hohen Temperaturanstieg in Erhitzernähe führt.

5. Geplante Weiterarbeiten

Entsprechend der Vorhabensbeschreibung.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Präsentation zum 4. Projektkoordinierungsgespräch BAMBUS II am 04. bis 06. Februar 2002 in Barcelona.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln	Förderkennzeichen: 02 E 9269
Vorhabensbezeichnung: Abschließende Auswertung des Projektes „Thermische Simulation der Streckenlagerung / Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar“	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2000 bis 30.04.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002
Gesamtkosten des Vorhabens: 307.307,38 EUR	Projektleiter: Dipl.-Geophys. Rothfuchs

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Projekt "Thermische Simulation der Streckenlagerung / Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar" wurde die direkte Endlagerung von Brennelementen in selbstabschirmenden Behältern in versetzten Endlagerstrecken in einer Salzformation simuliert. Die Aufheizung wurde am 25.09.1990 gestartet und am 1.02.1999 nach mehr als achtjähriger Versuchsdauer beendet. Die thermischen und thermomechanischen Bedingungen im Versatz und Gebirge 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, wird eine Versuchsstrecke wiederaufgefahren, 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.

Das Vorhaben wird im Rahmen des Projekts "BAMBUS II" von der Europäischen Union gefördert.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Nachuntersuchung und Nachkalibrierung von Messinstrumenten und Beitrag zum Untersuchungsbericht über die Messinstrumentierung (EU-Vertrag Deliverable D4)
- Gewinnung und Präparation von Proben für chemisch-mineralogische Analysen (aus den Messquerschnitten D1 und A)

4. Ergebnisse

- Die Nachkalibrierung der Temperaturgeber zeigte eine hohe Zuverlässigkeit der Sensoren. Die Abweichungen von DIN EN 60751 waren nur sehr gering. Die Ergebnisse waren fast identisch mit den Originalkalibrierungen, die Sensordrift folglich sehr gering. Zur Messung der Streckenkonvergenzen, der Versatzsetzung und der Gebirgsverformungen waren verschiedene Typen von elektrischen Wegaufnehmern verwendet worden. Ihre Rekalibrierung ergab, dass die Linearität der meisten Sensoren nach bis zu 12 Jahren Einsatzdauer noch fast durchgehend innerhalb der Toleranz der Werksgenauigkeit lag. Die größten Abweichungen wurden bei den Konvergenzgebern im heißen Bereich beobachtet, die während der Aufheizung den höchsten Temperaturen (bis 90°C) ausgesetzt waren. Die Linearität wich aber nur bei den horizontalen Konvergenzmessgebern, die unmittelbar über den Erhitzerbehältern installiert waren, stärker von der Originalkalibrierung ab, was auf die Verbiegung dieser Messgestänge infolge der hier stärkeren Sohlhebung zurückzuführen ist. Auch die Nachkalibrierungsergebnisse der geborgenen Versatzdruckkissen lagen fast durchgehend innerhalb der Werksgenauigkeit des Herstellers. Die Untersuchung der Ausfallsursachen der nicht mehr funktionsfähigen Messstellen ergab, dass die meisten Ausfälle auf Beschädigungen der Messleitungen zurückzuführen sind.
- Gespräche mit der Uni Göttingen ergaben, dass zur Optimierung der Untersuchung der chemisch-mineralogischen Alteration des Salzgrusversatzes neutronographische Texturanalysen sowie Kathodolumineszenz- und REM-Untersuchungen erfolgversprechend sind. Zur Absicherung der Ergebnisse der Analysen wurde eine entsprechende Pilotstudie in Auftrag gegeben. Nach Vorliegen der Pilotstudie, die zum Ende des Berichtszeitraumes noch nicht abgeschlossen war, wird über eine mögliche Ausweitung der Untersuchungen entschieden werden. Für die Pilotstudie wurden im Chemiekolabor in Braunschweig insgesamt 5 Proben für neutronographische Texturanalysen sowie 5 Dünnschliffe für Kathodolumineszenz- und REM-Untersuchungen präpariert.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Abschließende Bewertung der Messergebnisse unter Berücksichtigung der Nachkalibrierungsergebnisse der geborgenen Messinstrumentierung
- Bewertung der Ergebnisse der Pilotstudie für chemisch-mineralogische Analysen und Durchführung eines ergänzenden Untersuchungsprogramms.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

T. Rothfuchs, J. Droste, K. Wiczorek, C. Zhang: Post-Test Investigation of In-Situ Backfilling Experiments at the Asse Mine/Germany, 6th International Workshop on Design and Construction of Final Repositories "Backfilling in Radioactive Waste Disposal", Brussels, 11-13 March 2002

Pudewills, J. Droste: Numerical Modeling of the Thermomechanical Behavior of a Large-scale Underground Experiment, Computers and Structures, 2002 (in print)

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln	Förderkennzeichen: 02 E 9279
Vorhabensbezeichnung: Geoelektrische Untersuchung der Aufsättigung von Bentonitbarrieren im HRL-Äspö-Projekt „Prototype Repository“	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2000 bis 29.02.2004	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002
Gesamtkosten des Vorhabens: 489.660,14 EUR	Projektleiter: 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.

Das Vorhaben wird im Rahmen des Projekts "Prototype Repository" von der Europäischen Union gefördert.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP 1: In-situ-Ermittlung der räumlichen und zeitlichen Wasserverteilung in Gebirge, Bohrloch-Buffer und Streckenversatz

AP 2: Laborversuche zur Ermittlung der Resistivität (bzw. Leitfähigkeit) von Bentonitproben in Abhängigkeit vom Wassergehalt bzw. der Salinität des Porenfluids

3. Durchgeführte Arbeiten

AP 1:- Installation der Messketten im Gebirge zwischen den Einlagerungsbohrlöchern 5 und 6
- Fortlaufende Auswertung der Messungen im Streckenversatz der Sektion 1

AP 2:- Abschluss der Kalibrierung am Streckenversatz

4. Ergebnisse

AP 1:

- Die Messketten im Gebirge zwischen den Bohrlöchern 5 und 6 in der Sektion 2 wurden in der letzten Januar bzw. ersten Februarwoche 2002 installiert. Die Verbindungskabel zu der Messanlage in der parallel verlaufenden G-Strecke wurden nach einer Änderung der Kabelnomenklatur durch SKB neu gekennzeichnet und für den späteren Einbau durch SKB vor Ort bereitgestellt. Nach Durchführung der Kabel durch die druckdichten Verbindungsbohrlöcher zum G-Tunnel durch SKB wurden die Kabel und somit die Messketten in der 20. Woche 2002 von GRS an das Messsystem angeschlossen, eine Nullmessung durchgeführt und die regelmäßigen Messungen begonnen.
- Die Auswertung der Messungen im Streckenversatz der Sektion 1 ergab eine Anfangsresistivität zwischen 12 und 17 Ωm , was einem Wassergehalt von 12 bis 13% entspricht und mit den Messergebnissen von SKB gut übereinstimmt. In den nachfolgenden Monaten bis Mai 2002 sinkt die Resistivität nahe der Streckensohle auf Werte zwischen 7 und 10 Ωm , was einem Wassergehalt von 14 bis 16% entspricht und auf eine fortschreitende Aufsättigung des Versatzes hindeutet. Nach Diskussion der Ergebnisse mit SKB sind diese Ergebnisse aufgrund eines Formationswasserzuflusses in die Strecke von einigen Litern pro Tag plausibel und sie sind im Einklang mit SKB-Messergebnissen.

AP 2:

- Die Laborkalibrierungen für den Streckenversatz (Milos-Bentonit) wurden bei erhöhter Temperatur weitergeführt und abgeschlossen. Für die Messtemperatur von 50 °C ergab sich eine Absenkung der Resistivität um etwa 40 % bei 12 % Wassergehalt und um etwa 30 % bei 33 % Wassergehalt. Insgesamt scheint die Resistivität im gemessenen Sättigungsbereich etwa linear mit der Temperatur abzunehmen.

5. Geplante Weiterarbeiten

AP 1:- Weiterführung der Installationen im Buffer und Versatz in Sektion 2 und sequentieller Beginn der Messungen in den Beobachtungsgebieten sowie Fortführung der regelmäßigen Auswertungen

AP 2:- Abschluss der Laborkalibrierungen an Granitproben

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Rothfuchs, T. et al., 2001: Äspö Hard Rock Laboratory, Prototype Repository, Geoelectric Monitoring in Buffer, Backfill and Rock, International Progress Report, Svensk Kärnbränslehantering AB, IPR-01-63

Auftragnehmer: Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine		Förderkennzeichen: 02 E 9289
Vorhabensbezeichnung: Versuchsfeldaufwältigung und Rückgewinnung von Materialproben und Messeinrichtungen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2000 bis 30.04.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 562.744,21 EUR	Projektleiter: Dipl.-Ing. Bollingerfehr	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit dem im EU-Projekt „BAMBUS II“ 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.

Das Vorhaben wird im Rahmen des Projekts "BAMBUS II" von der Europäischen Union gefördert.

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: Die Nachuntersuchung von Konvergenz- und Temperaturmessgeräten wurde abgeschlossen und die Ergebnisse in einem internen Bericht zusammengestellt.
- AP 6: Es wurden Testrechnungen mit dem Heinschen Stoffgesetz durchgeführt, um die numerische Stabilität am Beginn des Kompaktionsvorgangs zu verbessern. Zur Benchmarksimulation wurden 3D-Berechnungen mit einem vereinfachten Stoffgesetz durchgeführt.
- AP 7: Die Untersuchungen zur Rückholbarkeit von POLLUX - Behältern wurden abgeschlossen und ein Berichtsentwurf fertiggestellt.
- AP 8: Es wurde eine Systematik zur Erfassung und Dokumentation der wesentlichen Projektunterlagen, die seit 1985 erstellt wurden, entwickelt.

4. Ergebnisse

- AP 5: Nach mehr als 10 Jahren Messzeit waren die Konvergenzmesstationen im kalten Bereich voll funktionsfähig, während im heißen Bereich Ausfälle festzustellen waren. Die zurückgewonnenen Temperatursensoren waren vollständig funktionsfähig .
- AP 6: Berechnungen, die mit dem Berechnungsprogramm FLAC^{3D} durchgeführt werden, erfordern extrem kurze Zeitschritte, um bei Anwendung des Heinschen Stoffgesetzes ein numerisch stabiles Verhalten der Kompaktion zu erhalten. Im Fall der Benchmarksimulation mit einem vereinfachten Stoffgesetz zeigen die Ergebnisse im Temperatur- und im Deformationsverhalten eine gute Übereinstimmung mit den Messwerten. Größere Abweichungen ergeben sich beim Spannungszustand.
- AP 7: Die Untersuchungen zur möglichen Rückholung eingelagerter POLLUX – Behälter zeigten, dass dies in einem Endlager in Salz nur bedingt und mit großem technischen und wirtschaftlichem Aufwand realisierbar ist.

5. Geplante Weiterarbeiten

- AP 5: Erstellung eines Zwischenberichtes über die durchgeführten Nachuntersuchungen an Messinstrumenten und Erarbeitung von Empfehlungen zur Verbesserung von Messinstrumenten beim Einsatz von Langzeitmessungen in einem Endlager.
- AP 6: Die Testrechnungen mit dem Heinschen Stoffgesetz werden im Hinblick auf eine vorgegebene Anfangskompaktion fortgeführt. Berechnungen zur Benchmarksimulation werden unter Anwendung des Heinschen Stoffgesetzes mit einem vereinfachten Modell durchgeführt.
- AP 7: Abstimmen der Untersuchungsergebnisse zur Rückholbarkeit von POLLUX – Behältern mit dem Projektpartner NRG und Zusammenstellung eines gemeinsamen Abschlussberichtes.
- AP 8: Sichten und Auswerten der Projektunterlagen und Erstellen einer Dokumentation.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Bechthold, W.; Bollingerfehr, W.: Backfilling and Sealing of Underground Repositories for Radioactive Waste in Salt, Phase II (BAMBUS Project), CLUSTER Proceedings of the second URL's seminar, Mol, Belgium, on 27 and 28 September 2001, EURATOM, 2002, EUR 19954

Zuwendungsempfänger: FZR, Bautzner Landstraße 128, 01314 Dresden		Förderkennzeichen: 02 E 9299
Vorhabensbezeichnung: 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		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2000 bis 30.06.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 430.723,98 EUR	Projektleiter: Prof. 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, ^{13/14}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
8. Aufbau einer HS-Komplexierungsdatenbank

3. Durchgeführte Arbeiten

- Synthese und Charakterisierung von Huminsäuren (HS) mit ausgeprägter Redoxfunktionalität: Untersuchung der Reproduzierbarkeit der Synthese, Variation der Ausgangsstoffe, Bestimmung von Fe(III)-Reduktionskapazitäten, Synthese von zwei HS-Referenzchargen
- Synthese ^{14}C -markierter HS Typ M42 für Projektpartner am IIF in Leipzig
- Abschluss der NIR-Untersuchungen zur Np(V)-Komplexierung modifizierter und nicht modifizierter HS
- Fortführung der Untersuchungen zur Np-Sorption an Granit und dessen mineralischen Bestandteilen
- Batchexperimente zur Th(IV)-Sorption im System Quarz/Wasser/ ^{14}C -M42 als Voruntersuchungen für Studien zur U(IV)-Sorption
- Speziations-Modellierung zu aktuellen experimentellen Fragestellungen mit modifizierter EQ3/6-Software
- Überarbeitung des Prototyps der digitalen Datenbank zur HS-Komplexierung

4. Ergebnisse

Durch Oxidation von Hydrochinon, Brenzcatechin bzw. Vanillinsäure in alkalischer Lösung und in An- oder Abwesenheit von Aminosäuren (Glycin, Glutaminsäure) lassen sich huminsäureartige Substanzen synthetisieren. Die HS-Synthese basierend auf der Oxidation von Hydrochinon in Gegenwart von Glycin bzw. Glutaminsäure ist reproduzierbar. Gegenüber Fe(III)-Ionen (pH 3; I: 0.1 M KCl) zeigen die synthetischen Produkte, insbesondere die Oxidationsprodukte aus zweiwertigen Phenolen, signifikant größere Reduktionskapazitäten als Aldrich HS.

Die Synthese der ^{14}C -markierten Huminsäure vom Typ M42 wurde abgeschlossen. Das Syntheseprodukt hat eine spezifische Aktivität von 17.5 MBq/g.

Ein funktionsfähiger Prototyp der digitalen Datenbank zur HS-Komplexierung wurde entwickelt.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Charakterisierung der ^{14}C -markierten HS Typ M42 für IIF Leipzig
- Bestimmung von Redoxkapazitäten (pH >7) und Redoxpotentialen der HS mit ausgeprägter Redoxfunktionalität
- Fortsetzung bzw. Beginn der Th(IV)- und U(IV)-Migrationsexperimente im System Quarz/Wasser/ ^{14}C -M42: Batch- und Säulenexperimente
- Untersuchungen zur U(IV)-Komplexierung durch natürliche und synthetische HS
- Studien zur Redoxstabilität von Np- und U-Humat-Komplexen, u.a. Einsatz von HS mit ausgeprägter Redoxfunktionalität
- Sichtung und Bewertung von Daten zur HS-Komplexierung, Eingabe in Datenbank

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Proceedings of the 2nd NEA and Euroconference Workshop on Speciation, Techniques and Facilities for Radioactive Materials at Synchrotron Light Sources, Grenoble, France, 10.-12.09.2000, NEA (2002): Pompe, S. et al., Np(V) Complexation by Various Humic Acids in Solution Studied by EXAFS and NIR Spectroscopy, p. 277-284, Schmeide, K. et al., Interaction of Np(IV) with Humic Substances by XAFS Spectroscopy, p. 287-294.

Zuwendungsempfänger: Johannes Gutenberg-Universität, Saarstraße 21, 55099 Mainz		Förderkennzeichen: 02 E 9309
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen über das Komplexierungsverhalten von Huminsäuren und deren Einfluss auf die Migration von radioaktiven und nichtradioaktiven Stoffen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2000 bis 30.06.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 454.523,93 EUR	Projektleiter: 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 (Institut für Anorganische und Analytische Chemie und Radiochemie Saarbrücken).

3. Durchgeführte Arbeiten

Mit der CE-ICP-MS wurden die Untersuchungen zum Redoxverhalten von Pu mit Aldrich-Huminsäure und in Gorlebenwasser weitergeführt und Vergleichsmessungen mit anderen Methoden durchgeführt. Weiterhin wurde damit begonnen, die Pu-Humatkomplexe mit der CE-ICP-MS zu untersuchen. Zur Zeit wird ein neuer Vernebler für das Kopplungsstück konstruiert, um eine höhere Ausfallsicherheit zu erreichen. Erste Säulenversuche sind in Zusammenarbeit mit dem FZK/INE erfolgt (Uni Mainz).

Es wurde eine Messbatterie, die aus 8 WDMT-Zellen besteht, aufgebaut, um den enormen Arbeitsaufwand, der für die Reinigung und Konditionierung der Zelle notwendig ist, zu reduzieren. Bei der Durchführung der Versuche wurde vom sogenannten „single-mode“ in den „titration-mode“ übergewechselt. Hierbei wird die Zelle nicht für jeden Messpunkt einzeln konditioniert, sondern der Donorkreislauf wird nach und nach mit einer steigenden Metallkonzentration versehen und durch das Vermessen (ICP-MS) des Donors und des Akzeptors kann das jeweilige Gleichgewicht bestimmt werden. Damit können etwa 60 Messpunkte pro Woche erreicht werden. Weiterhin wurden Versuche bezüglich der Validierung durchgeführt (Donan-Enrichment, Bestimmung der Selektivitätskoeffizienten von Cu, Cd, Zn und Pb gegenüber der Membran, Equilibrierungszeiten von Cu, Cd, Zn und Pb bei kleinen Akzeptorvolumen) (Uni Saarbrücken).

4. Ergebnisse

Für das System Aldrich-Huminsäure-Plutonium bei pH 2,5 zeigt sich, dass Pu(VI) zum Pu(V) reduziert wird. Nach mehreren Wochen war in der Lösung nur noch Pu(V) nachweisbar. Die Untersuchungen des Reduktionsverhaltens von Pu(VI) in Gorlebenwasserproben konnten bis pH 7 durchgeführt werden. Die Reduktionsgeschwindigkeit nimmt mit steigendem pH-Wert zu. Bei der anionischen Trennung der Probe können verschiedene Signale beobachtet werden, deren eindeutige Zuordnung noch nicht erfolgt ist. In einer Vergleichsmessung zwischen UV/VIS Spektroskopie und der CE-ICP-MS Koppelung wurde eine sehr gute Übereinstimmung für den Pu(VI)-Gehalt zwischen beiden Methoden erhalten. Die anderen Oxidationsstufen des Pu konnten bei den verwendeten Konzentrationen mit der UV/VIS-Spektroskopie nicht bestimmt werden (Uni Mainz).

Die Komplexierungsfähigkeit von Cu, Cd, Zn und Pb mit Huminsäure mittels WDMT wurde untersucht (Versuchsbedingungen: pH = 5.0; 2 mM Ca-Background). Die Ergebnisse wurden mit Hilfe des NICCA-Donnan Modells und des LNM ausgewertet. Während der Vergleich mit dem NICCA-Donnan Modell zu einer guten bis sehr guten Übereinstimmung bei allen Metallen führt, kann das LNM nur zur Auswertung der stark komplexierenden Metalle Cu und Pb herangezogen werden. Es wurden folgende Komplexstabilitätskonstanten erhalten:

$$\log\beta(\text{Cu}) = 5,3 \pm 0,1 \quad \log\beta(\text{Pb}) = 5,6 \pm 0,1$$

Diese Werte sind in guter Übereinstimmung mit verfügbaren Vergleichswerten. (Uni Saarbrücken).

5. Geplante Weiterarbeiten

Der neue Vernebler soll in weiteren Experimenten zum Einsatz kommen und dabei optimiert werden. Zur Evaluierung der CE-ICP-MS sind noch verschiedene Messungen erforderlich. Die Versuche zur Redoxchemie des Pu sollen weiter fortgeführt und auf synthetische Huminsäuren ausgedehnt werden. Die Säulenversuche mit Pu werden verstärkt weitergeführt (Uni Mainz).

In weiteren Versuchen soll die Komplexierung der Schwermetalle mit Huminsäure bei anderen Bedingungen (pH, Ca-Konzentration und konkurrierende Anionen) untersucht werden. Die begonnenen Batchversuche sollen weitergeführt und die Ergebnisse auf entsprechende Säulenversuche übertragen werden. Die Modellierung dieser Ergebnisse wird in Zusammenarbeit mit dem INE erfolgen (Uni Saarbrücken).

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung e.V., Permoserstraße 15, 04318 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 E 9329
Vorhabensbezeichnung: Komplexierung und Migration von Al, Ga, In, Sc, Y, La und Schwermetallen mit Huminsäure		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2000 bis 30.06.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 275.645,94 EUR	Projektleiter: 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 Analoga der Actiniden eingesetzt und natürliche, radiochemisch markierte Huminsäuren (Aldrich und Carlsfeld) verwendet. Der Schwerpunkt liegt auf der Untersuchung des Einflusses von drei- und vierwertigen Konkurrenzэлектроlyten. 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.

Zusammenarbeit mit folgenden Einrichtungen:

- Forschungszentrum Rossendorf e.V., Institut für Radiochemie
- Universität des Saarlandes, Institut für 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 und Carlsfeld
- Vergleichende Studien an den Huminsäuren zur Komplexbildung mit La und Tb als Analogtracer der Actiniden in der wässrigen Phase unter geochemisch relevanten Konkurrenzbedingungen
- Vermessung von Konkurrenzreaktionen geogener Kationen (Elemente der dritten Haupt- und Nebengruppe) zur Komplexbildung und Sorption der Schwermetalle mit Huminsäuren
- Säulen- und Batchversuche zur Bestimmung der Sorptionsparameter mit der SCA
- Vermessung der reversiblen und irreversiblen Vorgänge der Sorption und Filtration mittels radioanalytischer Methoden

- Untersuchung des pH-abhängigen Sorptionsverhaltens von Huminsäure an Granit, Phyllit und Diabas mit radioanalytischen Methoden
- Untersuchung des pH-abhängigen Sorptionsverhaltens von Tb (Analogtracer für Actinide) an Granit, Phyllit und Diabas in An- und Abwesenheit von Huminsäure

3. Durchgeführte Arbeiten

- Bestimmung von Konkurrenzeffekten bei der Humatkomplexbildung von [^{140}La]La und Al mit verschiedenen Huminstoffen (Aldrich, Carlsfeld)
- Vergleichende Untersuchungen zur Humatkomplexbildung von Metallen der dritten Haupt- und Nebengruppe mit Aldrich-Huminsäure
- Untersuchung der Immobilisierung von Aldrich-Huminsäure durch Flockung bei Beladung mit Metallen der dritten Haupt- und Nebengruppe
- Säulenversuche mit Sand, Phyllit und Diabas zur Erfassung der permanenten Immobilisierung von Huminstoffen an Geomatrices unter dynamischen Bedingungen

4. Ergebnisse

Mit Hilfe von Lanthan-140 als Analogtracer für dreiwertige Actiniden wurde untersucht, inwieweit Aluminium als geogener Elektrolytbestandteil Konkurrenzreaktionen bezüglich der Humatkomplexbildung von freigesetzten Radionukliden eingeht. Es wurde festgestellt, dass derartige Effekte erst bei hoher Metallbeladung auftreten und nicht allein durch den Grad des Überschusses bestimmt werden. Bei einer Huminstoffkonzentration von 5 mg/l beträgt der Schwellenwert ca. 10^{-6} mol/l, unabhängig von der Art des Huminstoffs. Wenig oberhalb dieser Konzentration kommt es bereits zur Immobilisierung des Humatkomplexes infolge von Flockungsprozessen. Die Metalle der dritten Haupt- und Nebengruppe unterscheiden sich erheblich im Komplexierungsgrad und damit auch in ihrer Flockungswirkung. In Geosystemen ist eine signifikante Beeinflussung der Mobilität von kolloidgetragenen Actiniden durch die seltenen dreiwertigen Metalle (Ga, In, Sc, Y, La) allerdings auszuschließen.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Fortsetzung der Untersuchungen zur Humatkomplexbildung von Metallen der dritten Haupt- und Nebengruppe
- Fortsetzung der Säulenversuche
- Beginn der Untersuchungen zur pH-abhängigen Komplexbildung und Sorption von [^{160}Tb]Tb mit Huminsäure an Granit, Phyllit und Diabas

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

H. Lippold, D. Rößler, H. Kupsch: „Investigations on the hydrophilicity of humic substances as determined by octanol-water partition measurements with radiolabelled material“, eingereicht für *Applied Radiation and Isotopes* im März 2002

Zuwendungsempfänger: TU-BAF, Akademiestraße 6, 09596 Freiberg		Förderkennzeichen: 02 E 9330
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2000 bis 30.04.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 186.611,31 EUR	Projektleiter: 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 BUTEC Umwelttechnik GmbH (vormals 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

- Modifizierung der Apparatur zur Bestimmung der NaCl-Löslichkeit in Abhängigkeit von Druck u. Temperatur
 - für Drücke bis 200 bar
 - für Temperaturen bis 40 °C
- Durchführung erster Versuche zur Bestimmung der NaCl-Löslichkeit
 - bei 25 °C und Drücken bis 200 bar
 - bei 40 °C und Drücken bis 200 bar

4. Ergebnisse

- Messergebnisse zur NaCl-Löslichkeit bei Temperaturen bis 40 °C und Drücken bis 200 bar liegen vor
- Im bisher untersuchten Druck- und Temperaturbereich steigt die NaCl-Löslichkeit mit Druck und Temperatur in Übereinstimmung mit dem Modell von Pitzer-Peiper-Busey

5. Geplante Weiterarbeiten

- Modifizierung der Apparatur und Versuchsdurchführungen zur Bestimmung der NaCl-Löslichkeit in Abhängigkeit von Druck u. Temperatur $T = 80\text{ °C}$ und 100 °C
- Durchführung weiterer Versuche zur Untersuchung des Einflusses des Druckes auf Umlöseprozesse an durchströmten Kapillaren im NaCl-Einkristall

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: BUTEC Umwelttechnik GmbH, Im Kusterfeld 32/1, 71522 Backnang		Förderkennzeichen: 02 E 9340
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2000 bis 30.04.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 883.460,67 EUR	Projektleiter: Dipl.-Ing. Fröhlich	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

- Entwicklung und Fertigung 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 Rekristallisationsvorgänge
- Untersuchung des Durchlässigkeitsverhaltens von Steinsalz gegenüber Laugen bei hohen Temperaturen

3. Durchgeführte Arbeiten

- Weiterführung der Permeabilitätsmessungen mit Lauge bei einer Temperatur von 90 °C
- Inbetriebnahme der neuen Permeabilitätsmessanlage für Messungen bei Temperaturen von bis zu 150 °C und Durchführung der ersten Messungen bei 130 °C
- Visualisierung der Porenstruktur: Probenpräparation mit gefärbten Epoxydharzen und (niedrigschmelzendem) Wood´schem Metall
- Präparation und mikroskopische Untersuchungen an A9-Salzkerne vor und nach dem Durchströmen mit Lauge und Vergleich von Korngefüge und Porenstruktur
- Digitale Analyse des Korngrößen- und Porenraumspektrums mit Software Leica Quantimed®
- Fortführung der Hg-porosimetrischen Untersuchungen an Salzkerneproben vor und nach dem Durchströmen mit Lauge
- Siebanalyse von A9-Salzgrus

4. Ergebnisse

- Infolge von Um- und Auflösprozessen bei Salzen mit Mg-Salzanteilen teilweise starke Abweichungen zwischen der bei 90 °C und der bei 40 °C bestimmten Permeabilitäts-Porositätsbeziehung
- Anstieg der Kompaktionsgeschwindigkeit (volumetrische Verformung bei statischer Stauchung) mit steigender Temperatur
- Gefügestruktur vor dem Versuch (praeexp.): Durch den Herstellungsprozess bedingte bevorzugte Ausrichtung grober Körner (> 5mm) mit Hauptachse quer zur Pressrichtung, sowie Risse parallel zur Pressrichtung durch bruchhafte Verformung; keine bevorzugte Ausrichtung von Körnern senkrecht zur Pressrichtung
- Gefügestruktur nach dem Versuch (postexp.): Kristallisiertes, polygonales Korngefüge mit subidiomorphen Begrenzungsflächen; keine bevorzugte Ausrichtung der Körner, Risse durch bruchhafte Verformung sind nicht mehr zu erkennen („Ausheilung“). Es ist ausschließlich intergranularer Porenraum zu beobachten
- Analyse des Korngrößenspektrums: Durch un stetige Kornvergrößerung verschiebt sich das Korngrößenmaximum zu höheren Kornradien, gleichzeitig nimmt der Anteil von kleinsten Körnern zu

5. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung der Permeabilitätsmessungen mit Lauge bei Temperaturen von 90 °C, 130 °C und 150 °C
- Chemische Analyse der durch die Probe permeierten Salzlaugen zur Deutung von Um- und Auflösprozessen
- Weiterführung der Hg-Porosimetrischen Untersuchungen an A4-Salz zur Quantifizierung der Porenradienverteilung und dem Verzweigungsgrad
- Präparation und optische Analyse von A4-Salzkerne vor und nach dem Durchströmen mit Lauge
- Siebanalyse von A4-Salzgrus
- BET-Untersuchungen mit Stickstoff und Krypton zur Charakterisierung kleinster Porenräume

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: TU München, Arcisstraße 21, 80333 München		Förderkennzeichen: 02 E 9360
Vorhabensbezeichnung: Einfluss von Kolloiden auf die Migration von Actiniden		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2000 bis 31.05.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 532.152,59 EUR	Projektleiter: 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

In diesem Vorhabenszeitraum wurden folgende Arbeiten innerhalb der Arbeitspakete I, II und III ausgeführt:

1. Die Bildungsmechanismen von dreiwertigen Actinid-Pseudokolloiden, die auf den Polynukleationsreaktionen von Al, Am(III) und Si beruhen, wurden systematisch untersucht, unter Einbeziehung des pH's, der Konzentrationen von Al und Si und der Reaktionszeit. Zusätzlich wurden die Polymerisationskinetiken von Si in Abhängigkeit der Si-Konzentration sowie des pH's mittels Molybdenests bestimmt. Danach wurden sowohl Si-Monomeren als auch Si-Oligomeren auf ihre Reaktionsaffinitäten, insbesondere Al (oder Am) zu komplexieren, und somit Am in der kolloidalen Phase von Aluminosilicaten einzubinden, anhand von radiometrischen Messungen geprüft. Weiterhin wurden die chemischen Bindungszustände der dreiwertigen Actiniden in der kolloidalen Phase mittels Zeitaufgelöste-Laser-Fluoreszenz-Spektroskopie (TRLFS) an kolloidgebundenem Cm(III) charakterisiert. Schließlich wurde der Einfluss der einzelnen anionischen Liganden wie Humat, Citrat, Salicylat auf die Actinid-Pseudokolloid-Bildungsprozesse untersucht, um die Konkurrenzreaktionen dieser Liganden mit Silicylat-Anionen zu ermitteln.
2. Die Wechselwirkungen von in oben genannten Prozessen hergestelltem, kolloidgetragenen Am bzw. Cm(III), mit der Oberfläche einer sandigen Geomatrix wurden mit Batchversuch bzw. Säulenversuch unter Verwendung von synthetischem Grundwasser untersucht. Dazu wurden sowohl radiometrische Methoden als auch die TRLFS-Speziation herangezogen.
3. Die Bildung von vierwertigen Actinid-Pseudokolloiden wurde zunächst mit Th(IV) als Tracer im Kolloidbildungsprozess der Aluminosilicate eingesetzt und die Th(IV)-Anreicherung in der kolloidalen Phase radiometrisch bestimmt.

4. Ergebnisse

- Die heterogene Nukleation von Si mit Al bei pH = 3 - 8 bzw. pH = 5 - 9 führt zur Bildung von zwei verschiedenen stabilen Hydroxyaluminosilikat-Kolloidspezies vom Typus Imogolit bzw. Allophan mit folgenden Eigenschaften:
 - Mittleres Si/Al-Verhältnis: 0.7
 - Kolloid-Konzentration: 10-50 ppb
 - Kolloid-Durchmesser: 15 - 100 nm
- Trivalente Actiniden (Am/Cm), die am Kolloidbildungsprozess teilnehmen, werden irreversibel inkorporiert. Abhängig vom pH bzw. vom Si-Polymerisationsgrad in den Mutterlösungen, woraus die Pseudokolloide entstanden sind, werden drei An(III)-Kolloidbindungsarten beobachtet:
 - Spezies I: aus Si-Monomer, bei pH = 3 - 8
 - Spezies II: aus Si-Monomer, bei pH = 5 - 9
 - Spezies III: aus Si-Oligomer, bei pH = 6.5 - 9
Spezies III entsteht schlagartig bei pH = 6.5 durch Umwandlung von Spezies II.
- Die An-Kolloid-Bindungsstärke ist mit der Zahl der Cm-Koordinationswässer, die durch Silicylat-Anionen ersetzt worden sind, korrelierbar. Von den 9 Koordinationswässern des Cm-Aquoions, verbleiben in
 - Spezies I: 7 Cm-Koordinationswässer
 - Spezies II: 6 Cm-Koordinationswässer
 - Spezies III: 0 Cm-Koordinationswässer:
Es bedeutet ein äquivalenter Ersatz von Al durch Cm in der Aluminosilikatstruktur der Kolloiden.
- Spezies III, aus Si-Oligomeren generiert und im synthetischen Grundwasser suspendiert, wird ungehindert, ohne Wechselwirkungen mit der gewählten Geomatrix, transportiert, während Spezies I bzw. Spezies II (beide erzeugt aus Si-Monomer) teilweise durch die Huminsäure im synthetischen Grundwasser zerstört werden. Das Ergebnis ist in Übereinstimmung mit einer abnehmenden Affinität der folgenden anionischen Liganden für Al in der Reihe:
Salicylat > Silicylat-Oligomer > Humat = Citrat > Silicylat-Monomer,
wie aus Ligandenkonkurrenzreaktionen hervorgeht.
- Vierwertige Actiniden (Th), die am Kolloidbildungsprozess teilnehmen, werden in der kolloidalen Phase angereichert.

5. Geplante Weiterarbeiten

Folgende Arbeiten innerhalb der Arbeitspakete I, II und III sind geplant:

- AP(I) und AP(II):
 - Fortsetzung der Untersuchungen über die Möglichkeit der Inkorporation von vierwertigen Actiniden bzw. Eigenkolloiden (Th(IV) und Pu(IV)) in Alumino-Silikat-Kolloiden
 - Fortsetzung der Untersuchung des Einflusses von begleitenden Grundwasserbestandteilen wie Ca²⁺, Fe^{2+/3+}, Huminsäure, etc. auf die Bildung und Stabilität von Alumino-Silikat-Kolloiden bzw. auf deren Wechselwirkung mit dreiwertigen und vierwertigen Actiniden
- AP(III):
 - Fortsetzung der Sorptions- und Stabilitätstests von den erzeugten Pseudokolloiden (Am/(Th)Pu-Alumino-Silikat-Kolloiden) an ausgewählten Geomatrices

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

„Interaction of Actinides with Aluminosilicate Colloids in Statu Nascendi“ als Vortrag präsentiert bei der 8th International Conference on the Chemistry and Migration Behaviour of Actinides and Fission Products in the Geosphere, Bregenz, Österreich, und als zwei Publikationen in Vorbereitung:

„Interaction of Actinides with Aluminosilicate Colloids in Statu Nascendi“

Part I: Generation and Characterization of Americium-Pseudocolloids

„Interaction of Actinides with Aluminosilicate Colloids in Statu Nascendi“

Part II: Influence of the Si-Polymerization Kinetics on the colloid-borne Americium Species

Zuwendungsempfänger: Universität Stuttgart, Keplerstraße 7, 70049 Stuttgart		Förderkennzeichen: 02 E 9370
Vorhabensbezeichnung: Weiterentwicklung von Simulationstechniken für Gas-Wasser-Prozesse in geklüftet-porösen Medien auf der Feldskala		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2000 bis 31.05.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 406.824,72 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. 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 mit schwedischen Partnern 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. Entwicklung von Upscalingkonzepten zur Übertragung der konstitutiven Beziehungen
2. Einbindung geostatistischer Verfahren in die Modellierung von Kluftnetzwerken
3. Verbesserung der numerischen Methoden zur Berechnung von Systemen auf der Feldskala
4. Untersuchung von Einzelklüften im Hinblick auf Ausgasungsprozesse und konstitutive Beziehungen
5. Aufbau eines Modells auf der Feldskala
6. Dokumentation der Ergebnisse

3. Durchgeführte Arbeiten

1. Es wurde eine Dimensionsanalyse entwickelt, um den Einfluss der Kapillarkräfte gegenüber den viskosen Kräften und den Gravitationskräften abschätzen zu können. Hieraus wurde deutlich, inwieweit bei der Betrachtung der einzelnen Kluftöffnungsweiten die Kapillarkräfte dominieren. Entsprechende Anpassungen des Perkolationsmodells müssen noch vorgenommen werden.
2. Es wurde ein 3D-Kluftmodell in Anlehnung an das in Water Resources Research (Band 36, Nr. 9., Seiten 2477-2492, September 2000) von J. Jarsjö und G. Destouni beschriebene Feldexperiment aufgebaut.
3. Das Perkolationsmodell wurde auf verschiedene stochastisch generierte Datenfelder, deren Eingangsdaten der Literatur entnommen wurden, angewandt. Erste Erweiterungen des Perkolationsmodells hinsichtlich der Dimensionsanalyse wurden vorgenommen.

4. Ergebnisse

Literaturrecherchen zeigen, dass bei der Ausbreitung der Gasphase in Kluftsystemen die Heterogenitäten innerhalb der Klüfte in Betracht gezogen werden müssen. Dabei spielen die besonderen Eigenschaften von Klüften in Granit eine wichtige Rolle: Im hier betrachteten Rahmen bewirken die starken Variationen der Kluftöffnungsweiten, dass die Gasphase erst bei einer sehr starken Ausgasung mobil wird. Die bislang durchgeführten Arbeiten bestätigen mittels numerischer Simulationen diese bereits experimentell festgestellten Eigenschaften. Insbesondere ist es durch die numerischen Simulationen möglich, den Einfluss der unterschiedlichen Kräfte - insbesondere die Dominanz der Kapillarkräfte - bei der Ausbreitung der Gasphase innerhalb einer heterogenen Kluft zu quantifizieren.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die Reduktion der Konduktivität aufgrund der Entgasung und des Gaseinschlusses soll in der nächsten Projektphase numerisch simuliert und die numerischen Ergebnisse mit den experimentellen verglichen werden. Die aus dem Upscaling-Verfahren erzeugten effektiven Parameter sollen in das 3D-Kluft-Matrix Modell eingebunden werden.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Es wurden insgesamt fünf Berichte und Veröffentlichungen während dieses Projektes geschrieben. Diese finden sich unter:

[Anfangsjahr: 2000, Endjahr: 2002, Autor: Jakobs. H.](#)

Zuwendungsempfänger: IIF e.V., Permoserstraße 15, 04318 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 E 9380
Vorhabensbezeichnung: Migrations- und Sorptionsuntersuchungen geogener Lösungen in Wirtsgesteinsformationen (Tone, Tongestein, Salzgestein) mittels tomographischer Radiotracerverfahren (PET)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2000 bis 31.05.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 420.198,59 EUR	Projektleiter: PD 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 neu entwickelter 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 ($>1E-20$ m²) 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 Probenspezifität
- AP3: Entwicklung des Bildrekonstruktionsverfahrens unter Berücksichtigung der Probenspezifität
- 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

- Hardwareentwicklung zur individuellen Effektivitätseinstellung der Messkanäle am GEO-PET
- Aufnahme der Datensätze zur Effektivitätskorrektur am GEO-PET
- Entwicklung eines speziellen Versuchsaufbaus für tomographische Radiotracermessungen in Tonen und Tongestein
- Untersuchungen zur Migration in verschiedenen Tonen (Bentonit, Kaolinit)
- Untersuchungen zur Auswahl von Membranen für Migrationsexperimente im Salzgestein

4. Ergebnisse

- Die Entwicklung der Versuchsanlagen für tomographische Radiotracerexperimente in Tonen, Tongestein und Salzgestein ist abgeschlossen
- Der geplante Einsatz einer Bodensäulenlaboranlage für die Migrationsexperimente in Tonen erwies sich als ungeeignet (geringe hydraulische Leitfähigkeit). Es wurde ein neuer Versuchsaufbau entwickelt, der speziell für tomographische Messtechniken geeignet ist.
- Die Genauigkeit der quantitativen Bildrekonstruktion am GEO-PET wurde verbessert

5. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung der Migrationsexperimente in Tonen und Tongestein
- Migrationsuntersuchungen im Salzgestein
- Optimierung der tomographischen Bildrekonstruktion und quantitativen Versuchsauswertung

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9390
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Gasentwicklung und -freisetzung aus dem Tonversatz sowie dessen Gas- und Wasserpermeabilität im Projekt "Full Scale Engineered Barriers Experiment in Crystalline Host Rock - Phase II", FEBEX II		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2000 bis 29.02.2004	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 197.193,26 EUR	Projektleiter: Dr. Jockwer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Felslabor Grimsel führt ENRESA seit 1997 den Versuch FEBEX zur Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in Granitformationen durch. Hierfür ist eine etwa 70 m lange Versuchsstrecke angelegt worden, in die zwei elektrische Erhitzer mit einer Wärmeleistung von 4300 Watt installiert worden sind. Der Ringraum um die Erhitzer sowie die verbleibenden Hohlräume im Versuchsfeld sind mit hochkompaktierten Bentonitformsteinen versetzt worden. Das Versuchsfeld wurde gegenüber dem übrigen Grubengebäude mit einem Abschlussbauwerk aus Beton verschlossen.

Versuchsziel ist neben der Demonstration dieser Endlagermethode die Ermittlung der thermo-hydro-mechanischen und der chemisch-mineralogischen Prozesse im Versatzmaterial sowie im Nahbereich des Versuchsfeldes. Da diese Prozesse, insbesondere die Aufsättigung der Bentonitformsteine mit Formationswasser aus dem umliegenden Granitgestein, noch nicht abgeschlossen sind, soll der Versuch als FEBEX II fortgeführt werden.

GRS untersucht hierbei die Gasentwicklung und -ausbreitung in den Bentonitformsteinen unter den Endlagerbedingungen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Vorhaben (Arbeiten der GRS) untergliedert sich in:

- AP 1: Fortführung der Messungen zur Gasfreisetzung am Erhitzer 1
- AP 2: Begutachtung der Filterrohre am Erhitzer 1 und Installation weiterer Filterrohre am Erhitzer 2.
- AP 3: Gasprobenahme aus den Filterrohren am Erhitzer 2 und Analyse
- AP 4: Permeabilitätsmessungen
- AP 5: Laboruntersuchungen zur Gasentwicklung aus dem Bentonit

3. Durchgeführte Arbeiten

Im Februar 2002 wurden am Erhitzer 1 letzte Messungen zur Gasfreisetzung und der Permeabilität des Versatzes durchgeführt. Im Anschluss wurden die Ventilstationen abgebaut und für die spätere Installation am Erhitzer 2 sichergestellt.

Der Erhitzer 1 wurde am 28. Februar nach 5 Jahren Betrieb abgeschaltet.

Im März 2002 begann AITEMIN mit der Freilegung und dem Ausbau des Erhitzers 1.

Im freigelegten Bentonitversatz in Erhitzer- und Stoßnähe wurden von GRS in Zusammenarbeit mit NAGRA Bohrungen zum Test der späteren Installation am Erhitzer 2 durchgeführt.

Aus der ersten Rückbausektion wurden die 1996 am Erhitzer 1 installierten Keramik- Filterrohre ausgebaut und für die Begutachtung ins Labor nach Braunschweig transportiert.

Im Labor wurden die Arbeiten zur Ermittlung der Gasfreisetzung aus dem Versatzmaterial in Abhängigkeit von der Zeit planmäßig fortgeführt.

4. Ergebnisse

Die Gaskonzentration im Porenraum des Versatzes ist konstant geblieben (Wasserstoff bis 1,0 vol%, Kohlendioxid bis 10,0 vol%). Da das Gesamtsystem bestehend aus Streckenversatz und Betonverschluss nicht gasdicht ist, muss die abdiffundierende Gasmenge durch Neubildung ersetzt werden. Die Permeabilitätsmessungen zeigen weiterhin, dass der Bereich des Versatzes um den Erhitzer nicht wassergesättigt ist, während der Bereich am Stoß wassergesättigt ist. Im freigelegten Versatz zeigt sich, dass sämtliche offenen Fugen zwischen den hochkompaktierten Bentonitformsteinen sowohl in Erhitzer- als auch in Stoßnähe infolge der Wasseraufnahme und der Quellvorgänge verschlossen waren. Auf die Permeabilität des Versatzes in Erhitzernähe hatten diese Quellvorgänge noch keinen Einfluss. Aufgrund der stärkeren Durchfeuchtung in Stoßnähe war hier der Versatz wesentlich plastischer und zeigte eine dunklere Färbung als in Erhitzernähe.

Die Bohrtests in freigelegten hochkompaktierten Bentonitformsteinen haben ergeben, dass sowohl im stark durchfeuchteten Versatz in Stoßnähe als auch im wenig durchfeuchteten in Erhitzernähe problemlos horizontale Bohrlöcher mit Durchmessern von 45 bzw. 56 mm und Tiefen von 4 m ohne signifikante Abweichungen erstellt werden können. Das Bohrklein war rieselfähig und die erstellten Bohrungen waren über drei Tage standfest. Die Installationen am Erhitzer 2 können demzufolge wie geplant durchgeführt werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die restlichen am Erhitzer 1 noch installierten Filterrohre sollen rückgewonnen und zu Begutachtung nach Braunschweig transportiert werden. Nach Beendigung der Rückbauarbeiten am Erhitzer 1 sollen am Erhitzer 2 Edelstahl-Sinterrohre, die Ventilstation und Kapillaren installiert werden. Sobald diese Installation abgeschlossen und der Verschlussstopfen aus Spritzbeton eingebracht worden ist, werden die Messungen zur Gasfreisetzung und der Permeabilität des Versatzes wieder aufgenommen. Die Laborversuche zur Gasentwicklung aus dem Versatzmaterial werden programmgemäß fortgeführt.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9400
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Gasentwicklung und -freisetzung im Boom Clay in Mol im Projekt: "Integrated in Situ Corrosion Test on Alpha-Active High Level Waste Glass - Phase 2" CORALUS 2		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2000 bis 31.03.2004	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 274.956,85 EUR	Projektleiter: Dr. Jockwer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Untertagelabor HADES in Mol führt SCK-CEN (Belgien) in Zusammenarbeit mit CEN (Frankreich) und GRS den Versuch CORALUS durch, um die Korrosion hochaktiver Gläser und die Ausbreitung freigesetzter Radionuklide im Ton (Boom Clay) zu ermitteln. SCK-CEN hat in diesem internationalen Vorhaben die Projektleitung und übernimmt die mineralogisch-chemische Untersuchung des Tonsteins sowie der Versatzmaterialien und die chemische Untersuchung der Formationswässer. GRS ermittelt im Labor und in situ die für die Interpretation der Glaskorrosion und der Ausbreitung der Radionuklide wichtigen Daten der Gaserzeugung, -freisetzung und -ausbreitung im Tongestein sowie den Versatzmaterialien. Der gesamte Versuch besteht aus vier unterschiedlichen Untersuchungsbohrungen mit Laufzeiten von 3 Monaten bis 3 Jahren mit und ohne Co-60 Strahlenquellen, in denen das umgebende Gebirge auf 30 bzw. 90°C aufgeheizt wird, um den Einfluss von Temperatur und Gammastrahlung auf die Glaskorrosion und Gasentwicklung zu ermitteln. Für die deutsche Seite werden mit diesen Untersuchungen Daten von Tonformationen und Tonmineralgemischen bereitgestellt, die als Verschlussmaterialien für Endlager eingesetzt werden können.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP 1: In-situ-Untersuchungen zur Gasentwicklung aus den Versatzmaterialien

AP 2: Laboruntersuchungen zur Gasentwicklung aus den Versatzmaterialien

AP 3: In-situ-Untersuchungen zur Permeabilität der Versatzmaterialien

3. Durchgeführte Arbeiten

CORALUS test tube 2 (30 °C, ohne ^{60}Co -Quelle) ist geflutet worden und im Versatz werden Messungen zum pH-Wert und dem Redox-Potential durchgeführt. Aus den Piezometern sind Wasserproben zur Bestimmung der darin gelösten Gase entnommen und von GRS analysiert worden.

CORALUS test tube 3 (90 °C, mit ^{60}Co -Quelle) wird seit Oktober geflutet, jedoch ist der Versatz um das Erhitzerrohr bisher noch nicht wassergesättigt, so dass noch keine Wasserproben für die Bestimmung der darin gelösten Gase entnommen werden können. Sobald der Versatz vollständig gesättigt ist, sollen die ^{60}Co -Quellen installiert und die Erhitzer eingeschaltet werden. Mit der Probenahme zur Bestimmung der Gasentwicklung kann dann begonnen werden.

CORALUS test tube 4 (90 °C, mit ^{60}Co -Quelle) ist im Oktober 2001 installiert worden, jedoch hat sich der Ringraum zwischen Gebirge und Versatz durch Konvergenz bisher noch nicht geschlossen. Sobald der Ringraum geschlossen ist, soll mit der Flutung des Versatzes begonnen werden. Um eine Oxidation des Tones im Gebirge und des Versatzes zu verhindern, wird das Gesamtsystem mit Argon gespült. Nach vollständiger Flutung kann mit der Probenahme zur Bestimmung der Gasentwicklung begonnen werden.

Im Labor wurde die Analyse der Gasentwicklung aus den verschiedenen Versatzmaterialien für die Expositionszeiten von 300 Tagen abgeschlossen. Für die Expositionszeiten von 1 000 Tagen sind die Proben noch im Wärmeschrank mit einer Temperatur von 90 °C eingelagert.

4. Ergebnisse

In den Formationswässern, die aus dem Versatz des Test Tubes 2 entnommen worden sind, steigt der Gehalt an gelösten Gasen langsam an. Für eine genauere Bewertung sind jedoch noch weitere Messungen erforderlich.

Aus den bisher ausgewerteten Laboruntersuchungen zur thermischen Gasentwicklung aus den Versatzmaterialien zeigt sich eine Zeitabhängigkeit. Jedoch kann noch nicht auf einen Maximalwert extrapoliert werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

Weiterführung der In-situ-Untersuchungen zur Gasentwicklung.

Auswertung der Labormessungen zur Gasentwicklung aus den Versatzmaterialien.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: TU-Clausthal, Adolph-Roemer-Str. 2 A, 38670 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 E 9410
Vorhabensbezeichnung: Transport und Rückhaltung von Schadstoffen in alterierten Klufbereichen des HRL Äspö		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 31.12.2002	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 202.025,74 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Mengel	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die übergeordneten Ziele liegen in der Beschreibung der Volumen- und Oberflächenanteile alterierter Klufbereiche und der Rückhalteigenschaften von Schadstoffen in diesen Zonen. Das Hauptziel lässt sich in folgende Teilziele gliedern:

- Charakterisierung der räumlichen Ausbreitung von zusammenhängenden Mikrogefügen.
- Charakterisierung des mineralogischen und chemischen Stoffbestands von Klufoberflächen.
- Bestimmung reaktiver Oberflächen alterierter Minerale.
- Laborexperimente zur Bestimmung irreversibler Schadstoffrückhaltung alterierter Granite.
- Modellierung von Mineralneubildungen.

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1: Räumliche Verbreitung und Volumina von Klufbereichen
- AP 2: Mineralogie der Gesteinsoberflächen in Klufbereichen
- AP 3: Schadstoffrückhaltung in Klufbereichen
- AP 4: Modellierung der Rückhaltung im Referenzvolumen
- AP 5: Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten

Die chemische Zusammensetzung von unalterierten Feldspäten sowie von Feldspaträndern entlang offener Mikroklüfte wurde mit dem Ziel untersucht, Veränderungen durch natürliche Wässer sichtbar zu machen. Um auch geringe Mineralneubildungen in Mikroklüften erfassen zu können, wurde Gesteinsgrus von stark alterierten Granitoiden im Ultraschallbad behandelt. Die so erhaltene, feinkörnige Fraktion wurde mit Atterbergzylindern abgetrennt und mittels RDA analysiert. Sorptionsexperimente mit synthetischen und natürlichen Al-Hydroxiden sowie $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ bei verschiedenen pH-Werten wurden mit Lösungen angesetzt, die je 800 ppb Co, Sr, Ba, Cs, La, Nd und Yb enthielten. Den Versuchslösungen wurde NaCl und CaCl_2 in Konzentrationen, wie sie aus Untertagelösungen im HRL Äspö bekannt sind, zugesetzt. Die Sorptionsfähigkeit vom Gesamtgestein wurde mit frischem Äspö-Diorit und alteriertem Smålandgranit getestet. Das Ausgangsmaterial ist über ein Jahr lang equilibriert worden.

4. Ergebnisse

Systematische Veränderungen der Feldspatzusammensetzung senkrecht zu offenen Klüften wurden nicht festgestellt. In der feinkörnigen Fraktion alterierter Granitoide kommen Chlorit (Diabantit), Klinochlor, Illit und Muskowit neben Albit vor. Diese Minerale wurden auch in anderen Publikationen beobachtet.

Die pH-Werte lagen bei den K_D -Experimenten im Bereich von 7.7 bis 8.6 mit ALOOH als Ausgangsmaterial und zwischen pH 6 und 7 mit Bauxit sowie $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Sr, Ba und Cs zeigten keine Konzentrationsänderungen mit Ausnahme einer geringen Abnahme von Ba im Bauxit-Versuch bei pH 7. Die Lanthaniden wurden vollständig an Bauxit und etwas weniger stark an $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ fixiert. Ihre Sorption an $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ stieg bei höheren pH-Werten an. Yb als schweres Seltenerd-Element wurde stärker fixiert und die pH-Abhängigkeit war ausgeprägter. Co wurde stärker an Bauxit angelagert als an $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$; eine schwache Abhängigkeit vom pH-Wert war erkennbar. Die Ergebnisse der Versuche mit synthetischem ALOOH sind nicht eindeutig, da sie in einem pH-Bereich stattgefunden haben, in dem die Fällung von Oxiden, Hydroxiden oder Carbonaten möglich ist. Die Ergebnisse der Gesamtgesteinsversuche sind für alterierte und frische Äspö-Granitoide gleich: Co wurde vollständig, Cs, Ba und Yb zu 90 % fixiert. Sr und die leichten Seltenen Erden wurden etwa zur Hälfte absorbiert. U wurde dagegen weiter aus dem Gestein mobilisiert.

5. Geplante Weiterarbeiten

Abschließend werden Reversibilitätsversuche mit den drei Ausgangsmaterialien (Bauxit, synthetisches ALOOH, $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) durchgeführt. Da ALOOH und $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ nicht die Sorption von Cs, Ba und Sr im Gesamtgesteinsversuch verursachen können, werden Sorptionsversuche an Diabantit und Klinochlor durchgeführt. Modellannahmen zu Kluftverbreitung und -oberflächen werden mit Daten zur Schadstoffrückhaltung einzelner Spezies zu einem Gesamt-Rückhaltevermögen der Äspö-Granitoide umgesetzt.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9420	
Vorhabensbezeichnung: Laboruntersuchungen der gekoppelten hydraulisch-mechanischen Eigenschaften von Kernproben des Callovo-Oxfordian Tonsteins am Standort Meuse/Haute Marne im Projekt MODEX-REP			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2000 bis 31.12.2002		Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 90.307,97 EUR		Projektleiter: Dipl.-Geophys. Rothfuchs	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Zur Vorbereitung der Errichtung eines Endlagers für radioaktive Abfälle in einer Tonsteinformation hat die französische ANDRA im Sommer 2000 mit der Errichtung eines Untertagelabors am Standort Meuse/Haute Marne begonnen. Im begleitenden Projekt MODEX-REP werden gekoppelte hydraulisch-mechanische Modelle zur Beschreibung des rheologischen Gesteinsverhaltens im Rahmen von Langzeitsicherheitsanalysen entwickelt.

Zur Absicherung der konstitutiven Modelle sollen von der GRS Laboruntersuchungen an Kernproben aus der Schachtvorbohrung durchgeführt werden. In Kriech-, Relaxations- und Kompaktionsversuchen werden die relevanten Gesteinsparameter zur Beschreibung des Materialverhaltens ermittelt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Vorbereitende Datenanalyse und Festlegung der Einzelversuche;
- Einaxiale Relaxationsversuche;
- Einaxiale Kriechversuche;
- Dreiaxiale Kompressionsversuche;
- Bestimmung der Gaspermeabilität in Abhängigkeit vom Manteldruck;
- Erstellung des Abschlussberichtes.

3. Durchgeführte Arbeiten

- Bestimmung der Dichte, Porosität und des Wassergehalts von CO-Tonproben
- Weiterführung der einaxialen Kriechversuche
- Weiterführung der einaxialen Relaxationsversuche an 4 Tonproben
- Durchführung der einaxialen und triaxialen Kompressionsversuche an 8 Tonproben

4. Ergebnisse

- Die 7 Bohrkern aus der Schachtvorbohrung EST205 am Standort MHM-URL sind visuell homogen und zeigen keine signifikante Schichtung bzw. Gefügeschäden. In den Versuchen wurden eine Korndichte von $2,7 \text{ g/cm}^3$, eine Trockendichte von $2,25 \text{ g/cm}^3$, eine Porosität von 16,8 % und ein Wassergehalt von 7,3 % gemessen.
- An Trockenproben wurden eine Gaspermeabilität von $k \approx 10^{-18} \text{ m}^2$ parallel zur Schichtung und $k \approx 10^{-19} \text{ m}^2$ senkrecht zur Schichtung gemessen. Die Permeabilität nimmt mit steigendem Manteldruck ab, aber nicht signifikant im Bereich des vor Ort erwarteten Anstiegs des Überlagerungsdruckes. Die Gaspermeabilität nimmt mit zunehmendem Wassergehalt sehr deutlich ab. Die Gaspermeabilität der Tonproben mit Wassergehalten zwischen 4 – 5 % lag im Bereich von $10^{-21} - 10^{-22} \text{ m}^2$. Sie ist etwa 3 Größenordnungen niedriger als diejenige bei den Trockenproben.
- Bei den Kriechversuchen wurden insgesamt 11 Proben mit vier einaxialen Laststufen im Bereich von 2 bis 15 MPa getestet. Jeder Versuch dauerte über ein Jahr. Die Tonproben zeigten Kriechverformungen schon bei kleinen Spannungen von 2 – 3 MPa. Die Kriechverformung und Kriechrate steigen mit Erhöhung der Beanspruchung. Im Bereich des zukünftigen untertägigen Labors sind bezüglich des Kriechverhaltens keine signifikanten Abhängigkeiten vom Probenahmeort, von der Probengröße und von der Belastungsrichtung des Tonsteins zu erwarten. Bei einer während der Kriechversuche provozierten Entsättigung der Tonproben wurde eine deutliche Schrumpfung der Proben beobachtet.
- Bei den Relaxationsversuchen wurde ein Steuerungsverfahren mit einer hohen Genauigkeit zur Regulation der Null-Verformung der Proben entwickelt und erfolgreich angewendet. Bei konstanter Verformung nimmt die Spannung mit der Zeit ab. Die Spannungsabnahme erfolgt bei den feuchten Proben schneller als bei den trockenen Proben.
- In den einaxialen und triaxialen Kompressionsversuchen wurden das Spannungs-Verformungsverhalten, die elastischen Parameter, die Bruchfestigkeit und die Restfestigkeit des Tonsteins ermittelt. Das Material zeigt elasto-plastisches Verhalten. Elastische Moduli wurden in Abhängigkeit von der Spannung und der Probengröße parallel und senkrecht zur Schichtung gemessen. Die Festigkeitsparameter wurden für Bruch- und Restfestigkeit ermittelt.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung der Kriechversuche
- Erstellung des Abschlussberichts

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Ein Abstract wurde zur geplanten International Tagung „Clays in natural and engineered barriers for radioactive waste confinement“ in Reims im Dez. 2002 abgegeben.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9430	
Vorhabensbezeichnung: Modellierung des Aufsättigungsverhaltens von Bentonit im Endlager im Kristallin, Mitarbeit in der Task Force "EBS" des HRL Äspö			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 30.09.2003		Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 508.168,40 EUR		Projektleiter: Dr. Kröhn	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ein möglichst einfaches Modell zur Berechnung der Aufsättigung soll bereitgestellt und die Dichtwirkung von Bentonitbuffern in HAW-Endlagern im Kristallin bewertet werden. Das Modell wird die relevanten physikalischen Prozesse der thermisch-mechanisch beeinflussten Zweiphasenströmung enthalten. Im Rahmen der Prototype Repository Modelling Group werden Modellrechnungen zum Canister Retrieval Test mit vereinfachten Modellen durchgeführt, um durch eine Sensitivitätsanalyse und durch den Vergleich mit den Ergebnissen eines vollständig gekoppelten THM-Modells die Bedeutung der berücksichtigten Effekte herauszustellen. Dazu sind die noch fehlenden Stoffkenngrößen im Labor zu bestimmen. Die Modellansätze und das dazu erforderliche Messprogramm werden mit den Teilnehmern der Modelling Group diskutiert und ggf. modifiziert. Eine Überprüfung der Erkenntnisse erfolgt anhand der gegen Projektende verfügbaren Messdaten für den In-situ-Test.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Modellrechnungen

- AS 1.1: Vereinfachtes Modell
- AS 1.2: Modellrechnungen
- AS 1.3: Task Force-Arbeiten
- AS 1.4: Dokumentation

Laboruntersuchungen

- AS 2.1: Bestimmung von Stoffkenngrößen
- AS 2.2: Überprüfung der Modellansätze
- AS 2.3: Dokumentation

3. Durchgeführte Arbeiten

- Messergebnisse zur Permeabilität des aufgesättigten Bentonits wurden aus der Literatur zusammengetragen und zu Vergleichszwecken vereinheitlicht.
- Ein Code zur Simulation der Bentonitaufsättigung durch Wasserdampf wurde erstellt.
- Der Einfluss der Hydratationsrate auf die Verteilung von hydratisiertem Wasser und Wasserdampf im Modell wurde untersucht.
- Orientierende Versuche zur Abschätzung der Hydratationsrate bei der Aufsättigung durch Wasserdampf wurden durchgeführt.
- Vorversuche zur Aufsättigung mit flüssigem Wasser wurden durchgeführt, um das Handling der Versuchsanlage zu erproben.
- Die Versuchsreihe zur drucklosen Aufsättigung mit flüssigem Wasser wurde begonnen.

4. Ergebnisse

- Es ergibt sich eine klare Abhängigkeit der Sättigungspermeabilität von der Trockendichte auch bei Berücksichtigung sehr unterschiedlicher Experimente.
- Unterschiedliche Hydratationsparameter führen im numerischen Modell der Aufsättigung durch Wasserdampf zu qualitativ sehr unterschiedlichen Verteilungen von hydratisiertem Wasser und Wasserdampf.
- Modellrechnungen mit den gemessenen Hydratationsraten lassen eine hohe Relevanz der Aufsättigung durch Wasserdampf auch unter isothermen Bedingungen erkennen.
- Im Vorversuch ergaben sich nur kleinere Probleme, die allesamt ausgeräumt werden konnten.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Die Versuchsreihe zur drucklosen Aufsättigung mit flüssigem Wasser soll im kommenden Halbjahr abgeschlossen werden.
- Genauere Versuche zur Bestimmung der Hydratationsrate bei der Aufsättigung durch Wasserdampf werden begonnen.
- Parallel dazu werden die jeweils aktuellen Versuchsergebnisse ausgewertet und im Hinblick auf eine Bestätigung der konzeptuellen Modelle interpretiert.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9440	
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung einer Methode zur verbesserten Rückhaltung von Iod und Selen im Nahbereich eines Endlagers			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 30.09.2002		Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 571.747,03 EUR		Projektleiter: Dr. Herbert	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mittelschwere anionisch vorliegende Radionuklide wie ^{14}C (als CO_3^{2-}) ^{129}I (als I^-), ^{79}Se (als SeO_3^{2-} oder SeO_4^{2-}) und ^{99}Tc (als TcO_3^- und TcO_4^-) werden von den derzeit diskutierten Versatzmaterialien und Deckgebirgsgesteinen nur sehr wenig zurückgehalten. Adsorption oder Fällung von Anionen finden dort nach derzeitigem Kenntnisstand nur wenig statt. In den heutigen Langzeitsicherheitsanalysen tragen diese Elemente wegen ihres ungehinderten Transportes wesentlich zur mittelfristigen Strahlenbelastung bei. In diesem Vorhaben sollen geeignete Zuschlagstoffe entwickelt werden, die unter endlagerrelevanten Bedingungen zu einer Verminderung der Iod- oder Selenkonzentration führen. Dazu werden elektrochemische, chemisorptive Kationenaustausch- und Mitfällungsprozesse an ausgewählten Materialien studiert. Für die Modellierung der dabei stattfindenden Prozesse wird die dazu notwendige thermodynamische Datenbasis ergänzt und erweitert.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1: Experimente für eine verbesserte Rückhaltung von Se und I
- Adsorption/Chemisorption an ausgewählten Materialien
 - Bildung fester Lösungen mit anderen Salzen
 - Elektrochemische Fällung
- AP 2: Ermittlung thermodynamischer Daten für Iod und Selen
- Iodid
 - Selenit/Hydrogenselenit
 - Selenat
- AP 3: Theoretische Arbeiten
- Berechnung von Wechselwirkungs-(Pitzer-)Koeffizienten
 - Geochemische Modellierung

3. Durchgeführte Arbeiten

Es wurden am System Mg^{2+} - Na^+ - I^- - H_2O isopiestic Messungen durchgeführt. Im System $\text{K-Cl-}\text{SeO}_4$ - H_2O wurden Löslichkeitsversuche durchgeführt.

Für Konzentrationen $> 10^{-5}$ M wurden mit Iodid, Iodat, Selenit und Selenat an folgenden Sorbentien Versuche durchgeführt: MX-80, Hämatit, Magnetit, Pyrit, Bure-Ton, Flugasche, Salzbeton und Anhydrit (CaSO_4).

Für den Konzentrationsbereich $< 10^{-5}$ M mit den Sorbentien MX-80, Bure-Ton, Salzbeton und Hämatit wurde ein Unterauftrag an das Zentrum für Strahlenschutz und Radioökologie der Universität Hannover vergeben. Die Versuche hierfür wurden begonnen.

4. Ergebnisse

Die ermittelten isopiesticen – und Löslichkeitsdaten sind geeignet, um daraus Pitzer-Wechselwirkungskoeffizienten zu berechnen. Es sieht zur Zeit so aus, als wiese Hämatit von allen untersuchten Sorbentien die günstigsten Sorptionseigenschaften auf.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die isopiesticen – und Löslichkeitsversuche werden fortgeführt und daraus Pitzer-Wechselwirkungskoeffizienten berechnet. Die Sorptionsversuche werden ausgewertet und ein Abgleich mit den Ergebnissen des ZSR vorgenommen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: TU München, Arcisstr. 21, 80333 München		Förderkennzeichen: 02 E 9450
Vorhabensbezeichnung: Quantenmechanische Modellierung der aquatischen und Sorptions-Chemie von Aktinoiden		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2000 bis 31.10.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 538.255,88 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Rösch	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

- Quantenmechanische Modellierung der aquatischen und Sorptions-Chemie von Aktinoiden.
- Anwendung und projektspezifischer Ausbau der relativistischen Dichtefunktionalmethode im Programmpaket PARAGAUSS.
- Untersuchung von Aktinoidenkomplexen in der Gasphase und in Lösung sowie deren Oligomerisierung und Adsorption auf verschiedenen Substraten.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Untersuchungsprogramm umfasst folgende Arbeitspakete:

1. Komplexe, Solvation
2. Sorption
3. Adaption des Softwarepaketes PARAGAUSS

In den Arbeitspaketen (AP) 1 und 2 erfolgen computerchemische Untersuchungen zur aquatischen sowie zur Sorptions-Chemie der Aktinoidenkomplexe.

In Arbeitspaket 3 sollen projektspezifische Ergänzungen am Programmpaket PARAGAUSS durchgeführt werden.

3. Durchgeführte Arbeiten

AP 1.1: Berechnung einfacher Hydrolyseprodukte von Th, U, Np, Pu; Reduktion von Uranyl(VI).

AP 1.2: Chlorierter Uranyl-Dimerkomplex. AP 1.2: Modellierung der Adsorption von UO_2^{2+} auf Al_2O_3 . AP 3.1: Evaluierung einer Basis für Pu. AP 3.4, 3.5: Fortführung der Arbeiten zu EPE-kov, Parametrisierung von SiO_2 .

4. Ergebnisse

Zu AP 1 wurden Berechnungen einer Modellreaktion der Reduktion von Uranyl VI zu $U(IV)(OH)_2^{2+}$ durchgeführt. Aus der Literatur ist bekannt, dass diese Reaktion in der Gasphase nahezu energetisch ausgeglichen ist. Es konnte gezeigt werden, dass Solvatationseffekte (PCM, explizite Wasserkoordination) zum bekannten endothermen Verhalten führen (AP 1.1). Untersuchungen von einfachen Hydrolyseprodukten verschiedener Aktinoide wurden weitergeführt. Frequenzverschiebungen in $UO_2(OH)_n^{(n-2)+}$ fallen ohne explizite Berücksichtigung einer Wasserhülle stärker aus als im Experiment. Ein systematischer Vergleich der ersten Hydrolyseprodukte von Th, U und Np in verschiedenen Oxidationsstufen, d.h. der Monohydroxide einfacher Ionen oder Aktinyl-Ionen, ist derzeit in Arbeit (AP 1.1). Zur Erweiterung der Anwendungen wurde im Rahmen dieser Arbeiten auch ein Basissatz für Pu evaluiert (PuO_2 , PuO_2^{2+} , PuF_6) (AP 3.1). Zu Dimeren des Uranyls werden Publikationen vorbereitet. Die Gasphasenberechnungen des Dimers $(UO_2)_2(OH)_2Cl_2(H_2O)_4$ wurde um eine Modellierung des Molekülkristalls durch Berücksichtigung der dort vermuteten Wasserstoffbrücken erweitert, um so Effekte der Kristallpackung auf die Struktur zu charakterisieren (AP 1.2). Zur Adsorption von Uranyl(VI) auf Aluminiumoxid wurden erste Berechnungen mit dem ionischen EPE-Modell durchgeführt (AP 2.1). Betrachtet wurde die relaxierte Al-terminierte Oberfläche $\alpha-Al_2O_3(0001)$. An einem kleinen Clustermodell zeigte sich, dass Uranyl an Oberflächensauerstoffe in ähnlicher Weise bindet wie an äquatoriale Liganden. Zusätzlich ist eine Wechselwirkung der Sauerstoffatome des Adsorbaten mit Al-Atomen der Oberfläche festzustellen. Diese Berechnungen werden mit größeren Oberflächen-clustermodellen und für weitere Adsorptionsplätze fortgeführt. Weiterhin wurden Entwicklungsarbeiten und Parametrisierungen zur kovalenten Variante der EPE Methode mit dem Ziel der Modellierung von SiO_2 fortgeführt (AP 3.4, 3.5).

5. Geplante Weiterarbeiten

AP 1.1 wird fortgeführt, insbesondere hinsichtlich Hydrolyseprodukten. Arbeiten zu Dimerkomplexen des Urans mit Carbonatliganden, sowie Vergleich mit entsprechenden Np-Komplexen sind geplant. Die Untersuchung der Adsorption von Aktinoiden auf Al_2O_3 wird fortgeführt und im Arbeitsplan zeitlich vorgezogen (AP 2.1). AP 3.4 und 3.5 werden fortgeführt (Erweiterung der EPE-Methode, Modellierungen Adsorption von Aktinoiden).

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

M. Garica-Hernandez, C. Lauterbach, S. Krüger, A. Matveev, N. Rösch: „A Comparative Study of Relativistic Density Functional Methods Applied to Actinide Species AcO_2^{2+} and AcF_6 for $Ac = U, Np$ “, Journal of Computational Chemistry 23 (2002) 843.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9461	
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung der chemischen und hydromechanischen Wechselwirkungen von Ton/Zement-Systemen; ECOCLAY - Phase II			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2001 bis 30.09.2003		Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 509.859,24 EUR		Projektleiter: Dr. Meyer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Für die Beurteilung der Langzeitstabilität und -dichtwirkung sollen Untersuchungen zu den chemischen Umsetzungen eines Bentonits und eines zementgebundenen Materials im Kontakt mit salinaren Tiefenwässern sowie der Veränderung ihrer hydraulischen Eigenschaften (Permeabilität, Quelldruck) durchgeführt werden. Durch Vergleich der chemischen Umsetzungsprozesse mit den veränderten hydraulischen Eigenschaften der umgewandelten Materialien werden Aussagen über deren Langzeitverhalten erhalten. Die experimentell bestimmten chemischen Umwandlungen der untersuchten Abdichtmaterialien und der resultierenden Lösungen werden mit Hilfe des geochemischen Rechencodes EQ3/6 modelliert. Das Vorhaben ist eingebunden in das EU-Projekt „ECOCLAY II“.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

(AP1) Vorlaufende Arbeiten, Literaturstudie

Systematische Literaturrecherche zum Thema Ton-Zement-Wechselwirkungen

(AP2) Untersuchung der chemischen, hydraulischen und mechanischen Wechselwirkung des Systems-Ton-Zement-Lösung

An zwei unterschiedlichen Feststoffzusammensetzungen, einer mit zementgebundenem Material und einer mit zementgebundenem Material und Bentonit, werden Kaskadenversuche durchgeführt. Als Ausgangslösung soll sowohl eine IP21-Lösung als auch eine gesättigte NaCl-Lösung eingesetzt werden.

(AP 3) Bestimmung der hydraulischen Eigenschaften des Systems Ton-Zement-Lösung

Um die hydraulischen Eigenschaften eines zementgebundenen Materials beim Eindringen korrosiver Lösung zu untersuchen, werden Durchströmungsversuche durchgeführt. Mit Hilfe des aus AP2 erhaltenen chemischen Reaktionspfades werden weitere Durchströmungsversuche mit synthetisch hergestellten Lösungen durchgeführt, mit der die Zementkorrosion mit z. T. an Zementbestandteilen aufgesättigter Lösung bestimmt wird, um so eine fortschreitende Korrosion in das Zementmaterial zu simulieren

(AP 4) Bestimmung der mechanischen Eigenschaften des Systems Ton-Zement-Lösung

Zusätzlich zu den hydraulischen Messungen werden mechanische Untersuchungen an den korrodierten Probekörpern durchgeführt. Für jede Reaktionszeit werden die Probekörper auf einaxiale Druckfestigkeit geprüft.

(AP 5) Geochemische Modellierung der Reaktion Ton-Zement-Lösung

Die zuvor in den Experimenten zur Charakterisierung durchgeführten Experimente (AP2) werden mit Hilfe des geochemischen Rechencodes EQ3/6 modelliert. Besondere Berücksichtigung findet dabei die Modellierung der Lösungsänderung der Porenlösung der untersuchten Materialien. Mit Hilfe der Phasenanalyse der korrodierten Proben sollen dann die Umsätze der ablaufenden Reaktionen quantifiziert werden.

3. Durchgeführte Arbeiten

Im AP3 wurden Proben des Magnesiabinders durchströmt und für Zeiträume von 100 und 150 Tagen reagieren gelassen. Es erfolgte die Auswertung der Durchströmungsversuche nach dem Gesetz von Darcy. Für die Untersuchung der mechanischen Eigenschaften wurden einaxiale Festigkeiten der Probekörper vor und nach erfolgter Reaktion gemessen (AP4). Im AP5 erfolgte der Vergleich der Durchströmungsexperimente mit der Modellierung der Reaktionspfade von Magnesiabinder und Salzbeton im Kontakt mit NaCl- und IP21-Lösung.

4. Ergebnisse

Es konnte bereits der chemische Reaktionspfad von zementhaltigen Materialien im Kontakt zu den Lösungen IP21 und gesättigter NaCl-Lösung experimentell mit Hilfe des Kaskadenversuches bestimmt werden. Innerhalb dieses Berichtszeitraumes erfolgte nun der Vergleich der Modellierungen mit den experimentellen Ergebnissen der Durchströmungsversuche. Für die Durchströmung des Salzbetons wurde eine abweichende Mg-Konzentration in Lösung gefunden. Während Mg aus der Lösung ausgetragen wurde, konnte ein Anstieg von Na in Lösung beobachtet werden. Es bildete sich eine neue Phase (Mg-Oxychlorid) in der Mg gebunden worden ist; zum Ladungsausgleich ging Na in Lösung. Durch diese Reaktion wird der Porenraum verringert und der Korrosionsvorgang behindert.

Beim Magnesiabinder in Kontakt mit IP21-Lösung konnte wie schon bei den Proben mit 50 d Korrosionszeit eine Verringerung der Permeabilitäten nach 100 und 150 Tagen Reaktionsdauer festgestellt werden, für die mit NaCl-Lösung durchströmten Proben wurde keine Permeabilitätsänderung gemessen.

Die Festigkeitsuntersuchungen der reagierten Magnesiabinder Proben zeigten eine leichte Abnahme der Festigkeit für die mit den beiden NaCl-Lösungen durchströmten Proben, für die mit IP21-Lösung durchströmten Proben wurde eine Erhöhung der Festigkeit beobachtet.

5. Geplante Weiterarbeiten

- (AP1) Die Auswertung der Literaturrecherche über die Wechselwirkung des Systems Ton-Zement-Lösung wird entsprechend dem Zeitplan unter Mithilfe einer studentischen Hilfskraft fortgeführt.
- (AP2) Die Untersuchungen des Systems Ton-Zement-Lösung werden fortgeführt.
- (AP3) Die experimentellen Laborversuche bezüglich der hydraulischen Eigenschaften des Zementes nach 150 und 600 d werden fortgeführt.
- (AP4) Nach Durchströmung der korrodierten Proben werden die mechanischen Eigenschaften der 150 und 600 d korrodierten Zementsysteme bestimmt.
- (AP5) Im weiteren Verlauf des Projektes wird versucht, die Reaktion des Systems Zement-Ton-Lösung zu modellieren.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: FZR, Bautzner Landstraße 128, 01314 Dresden		Förderkennzeichen: 02 E 9471	
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung einer mineralspezifischen Sorptions-Datenbank für Oberflächenkomplexierungsmodelle			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2001 bis 31.03.2004		Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 157.669,63 EUR		Projektleiter: Dr. Brendler	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist die weltweit erstmalige Entwicklung einer mineralspezifischen thermodynamischen Sorptions-Datenbank. Sie ist Grundlage einer breiten, konsistenten und verifizierbaren Anwendung von modernen Oberflächenkomplexierungsmodellen (Surface Complexation Models – SCM). Diese können vielfach Verteilungskoeffizienten (K_d -Werte) ersetzen und die Beschreibung von Sorptionsprozessen wesentlich verbessern. Genauigkeit und Verlässlichkeit von Prognosen zur Schadstoffausbreitung werden dadurch erhöht.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Datenbestand (Recherche und Bewertung von originalen Literaturzitatzen zu Mineral- und Sorptionsdaten inklusive der Eingabe in die Datenbank)
- AP2: Datenbank-Design und Überarbeitung (Weiterentwicklung der internen Struktur der Datenbank, von Datenmanipulationsfunktionen, sowie von Prototypen der Eingabe- und Ausgabemasken; Erstellung eines ersten funktionsfähigen Prototyps der Datenbank; Eingabe bis dahin gesammelter Daten; Testläufe zur Ausgabe selektierter Datensätze, deren spezieller Formatierung und Konvertierung)
- AP3: Nutzerschnittstelle (Fehlerbehebung, Designverbesserung und Funktionalitätserweiterung der Datenbank mittels Feedback aus AP2; Gestaltung einer nutzerfreundlichen Schnittstelle)
- AP4: Datenverarbeitung (Zusätzliche Module zur Umrechnung von Daten in unterschiedliche Maßeinheiten, Umformung chemischer Reaktionsgleichungen, sowie Extrapolation von Sorptionsdaten in thermodynamisch definierte Standardzustände)
- AP5: Netzwerkfähigkeit (Überführung der Datenbank von einem Stand-alone-PC in eine Netzwerkversion; Maßnahmen zum Schutz von Zugriffsrechten, Datenintegrität und Sicherung geistigen Eigentums)
- AP6: Dokumentation (direkt an die Datenbank gebundene Online-Hilfe sowie separates Manual in digitaler und gedruckter Form)

3. Durchgeführte Arbeiten

AP1:	Literaturrecherche	Fortsetzung	wird fortgesetzt
	Eingabe von Sorptionsdaten	Fortsetzung	wird fortgesetzt
	Eingabe von Methoden + Modellen	begonnen	wird fortgesetzt
AP2:	Erstellung + Test DB-Prototypen	Fortsetzung	abgeschlossen
AP3:	Eingabe- und Ausgabemasken	Fortsetzung	wird fortgesetzt
	Datenexport	begonnen	wird fortgesetzt
AP4:	Datenumrechnung	begonnen	wird fortgesetzt
AP5:	Netzwerkzugriff (Intranet)	begonnen	wird fortgesetzt
AP6:	Online-Hilfe	Fortsetzung	wird fortgesetzt

4. Ergebnisse

Im Berichtszeitraum (Werte in Klammern: Gesamtstand) wurden 3(80) Minerale, 127(355) Datensätze zu spezifischen Oberflächen, 141(489) Protolyse- und 494(1168) Komplexbildungskonstanten neu in der Datenbank erfasst. Die Recherche läuft kontinuierlich weiter, bisher sind 754 Literaturreferenzen erfasst.

Der Test des Prototyps der Datenbank wurde intern im FZ Rossendorf durchgeführt und damit der erste Meilenstein erfolgreich erreicht. Ein Authentifizierungskonzept für Nutzerzugriffsrechte im Intranet wurde entwickelt.

Die Nutzerschnittstelle wurde um ein Menü zur Zusammenstellung komplexer Datensätze für eine Ausgabe in Speziationssoftware erweitert. Routinen zur Normierung von SCM-Datensätzen bezüglich von Standard-Bindungsstellenkonzentrationen wurden entwickelt. Auf Basis der projektbegleitenden Datenbank-Dokumentation wurde eine erste Version eines online-Manuals mit wahlweisem Zugriff über das WWW oder ein lokales HTML-Verzeichnis erstellt. Der Export von Ergebnissen aus Datenbank-Recherchen in MS Excel wurde bereitgestellt.

5. Geplante Weiterarbeiten

AP1:	Literaturrecherche, Dateneingabe und Aufbau „Knowledge-Base“
AP2:	Überarbeitung des DB-Prototyps und erste externe Tests
AP3:	Export von Datensätzen für komplexe Szenarien in separate Speziationssoftware
AP4:	Erstellung von Stöchiometriematrizen für Oberflächenreaktionen
AP5:	Simultaner Zugriff auf Datensätze in der Netzwerkversion
AP6:	Online-Hilfe

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Universität Hannover, Welfengarten 1, 30060 Hannover		Förderkennzeichen: 02 E 9481
Vorhabensbezeichnung: Einsatz von Organo-Tonen als Adsorber für problematische Anionen in geotechnischen Barrieren		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2001 bis 31.03.2004	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 280.063,20 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Michel	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Der Einsatz von Tonen in geotechnischen Barrieren von Endlagern wird durch ihre besonderen mechanischen Eigenschaften sowie durch ihre Fähigkeit, Kationen zu sorbieren, nahegelegt. Ihre Anionenaustauschkapazität ist jedoch sehr gering. Sie kann aber wesentlich verbessert werden, wenn die anorganischen Zwischenschichtkationen des Tons gegen geeignete organische Kationen ausgetauscht werden.

Übergreifendes Ziel dieses Vorhabens ist es, ausgewählte Organo-Ton-Systeme hinsichtlich der folgenden Punkte zu prüfen und das oder die geeignetsten Systeme zu identifizieren:

Maximale Sorptionskapazität für Anionen, maximale Selektivität für Iodid (evtl. Perotechnat) bzw. Chromat(VI) und Arsenat, hohe Stabilität unter simulierbaren Endlager- bzw. UTD-Bedingungen, einfache und kostengünstige Herstellung.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1: Entwicklung von Organokationen
- AP 2: Herstellung von Organotonen
- AP 3: Prüfung ausgewählter Organoton-Systeme bezüglich ihrer Sorptionskapazität
- AP 4: Charakterisierung vielversprechender Organoton-Systeme
- AP 5: Identifizierung der geeignetsten Kombination(en) aus Tonen und Organokationen
- AP 6: Retardation von chemotoxischen Anionen
- AP 7: Sorption bei verschiedenen Temperaturen
- AP 8: Thermische Stabilität von Organotonen
- AP 9: Chemische Stabilität im salinaren Milieu
- AP 10: Auswertung / Berichterstattung

3. Durchgeführte Arbeiten

- AP 1: Identifizierung der in Frage kommenden Organokationen und Beschaffung / Synthese
- AP 2: Herstellung von Organotonen unter Verwendung der unter AP 1 erhaltenen Organokationen mit MX-80-Bentonit und russ. Vermiculit
- AP 3: Prüfung der Organotone aus AP2 in kurzen Sorptionstests mit I-125 und Chromat
- AP 4: Strukturelle Charakterisierung des Zwischenschichttraumes der Organotone
- AP 5: Identifizierung der geeignetsten Ton-Organokation-Kombinationen
- AP 6: Sorptionsversuche mit Chromat(VI) an 5 modifizierten Bentoniten und HDPy⁺-Vermiculit in Abhängigkeit des pH-Wertes (pH 3, 5 und 9) und der Zeit
- AP 7: Vorversuche zur Sorption von Iod an 2 Organotonen bei Temperaturen von 20-90°C

4. Ergebnisse

- AP 1: Aus den insgesamt über 30 Organokationen mit unterschiedlichen Kopfgruppen, Alkylkettenlängen und Anzahl der Ladungen wurden 12 für die Sorptionstests (AP 3) ausgewählt. Zwei Organokationen wurden selbst synthetisiert.
- AP 2: Mit 11 (MX-80-Bentonit) bzw. 8 (Vermiculit) Organokationen und Hexadecylpyridinium als Referenzmaterial wurden jeweils Organotone hergestellt.
- AP 3: Die Organotone aus AP 2 wurden einem kurzen Sorptionstest mit I-125 unterzogen, um zu klären, welche der betreffenden Systeme für weitere Versuche geeignet sind. Die Chromatsorption wurde bei pH 5 durchgeführt. Da bei den Organo-Bentoniten die Sorption z.T. zweistufig verläuft, konnte noch kein Sorptionsmaximum berechnet werden.
- AP 4: Die Röntgenbeugungsdiagramme der bisher hergestellten Organotone zeigen eine Aufweitung der Zwischenschichten, d.h. alle bisher gewählten Organokationen sind in die Zwischenschichten eingebaut worden. Bei den modifizierten Bentoniten bestimmt die Alkylkettenlänge des Organokations das Ausmaß der Zwischenschichtaufweitung, während die Struktur der Kopfgruppe keinen erkennbaren Einfluss zu haben scheint. Bei den modifizierten Vermiculiten ist festzuhalten, dass das Organokation, das beim MX-80-Bentonit kaum zur Aufweitung der Zwischenschichten führt, sich beim Vermiculit bedingt durch die höhere Schichtladung relativ steil zur Silikatschicht anordnet und damit zu höheren Schichtabständen führt.
- AP 5: In den Sorptionsversuchen mit Iod (AP 3) schnitten sieben der elf Organo-Bentonit-Kombinationen deutlich schlechter ab als MX-80 in Verbindung mit dem Referenzkation HDPy⁺. Diese werden in die weiteren Versuchsreihen nicht einbezogen werden. Ein weiteres Kation erbrachte zwar gute Sorptionsergebnisse, erwies sich aber als sehr schlecht handhabbar und wurde daher ebenfalls aussortiert. Für MX-80-Bentonit werden die weiteren Versuche mit HDPy⁺ und drei weiteren Organokationen fortgeführt. Für Vermiculit stehen die Ergebnisse zweier Sorptionstests noch aus. Es wird jedoch erwartet, dass die Vermiculit-Versuchsreihen analog verlaufen werden. In den Sorptionsversuchen mit Chromat(VI) konnten hinsichtlich der gemessenen Sorptionsmenge 6 Organo-Bentonite und bisher 3 der Organo-Vermiculite als geeignet eingestuft werden. Bisher ist kein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Maß der Aufweitung und Sorptionsmenge zu erkennen. Innerhalb der geeigneten Systeme ist zu beobachten, dass die Organotone mit einer C-16 Alkylkette eine höhere Affinität zum Chromat haben als die mit einer C-12 Alkylkette. Der MX-80 und der Vermiculit in Verbindung mit HDPy⁺ zeigen die höchste Affinität zum Chromat(VI).
- AP 6: Eine pH-abhängige Chromat(VI)-Sorption konnte lediglich für den HDPy⁺-Bentonit und HDPy⁺-Vermiculit nachgewiesen werden. Dabei nimmt die Sorptionsmenge bei geringen pH-Werten stark zu.
- AP 7: In Vorversuchen zur Anionensorption an HDPy⁺-Tonen bei verschiedenen Temperaturen (20 – 90°C) zeigte sich eine abnehmende Sorption von Iod mit steigenden Temperaturen. Eine Extrapolation ergab jedoch, dass Iodsortion auch noch bei Temperaturen oberhalb von 90°C stattfindet. Sorptionsversuche mit Tonen aus AP 2 befinden sich in der Vorbereitung.

5. Geplante Weiterarbeiten

Nach abschließender Identifizierung des/der geeignetsten Systems/Systeme können die intensiven Untersuchungen zu Sorptionsfähigkeit unter verschiedenen Bedingungen und zu Stabilitätsparametern begonnen werden.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: FZR, Bautzner Landstraße 128, 01314 Dresden		Förderkennzeichen: 02 E 9491
Vorhabensbezeichnung: Wechselwirkung von Actiniden mit dominanten Bakterien des Äspö-Grundwasserleiters		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2001 bis 31.03.2004	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 376.438,65 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Bernhard	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Projekt hat die Aufklärung der Wechselwirkungsmechanismen von relevanten Aquifer-Bakterien mit Actiniden zum Ziel. Die zu gewinnenden Daten und Kenntnisse sind für die Beurteilung der Mobilität von Radionukliden, insbesondere Actiniden, von Wichtigkeit und können für Modellierungen im Rahmen von Langzeitsicherheitsbetrachtungen für ein Endlager im Hartgestein eingesetzt werden. Im Mittelpunkt des Projektes steht die Untersuchung der Wechselwirkung von *Desulfovibrio äspöensis* mit verschiedenen Actiniden. Es werden Aussagen zu den mikrobiellen Reduktionsprozessen und zu Art und Höhe der Akkumulation von Actiniden an diesen Bakterien erwartet.

Teilziel 1 des Projektes ist eine qualitäts- und quantitätsgerechte Gewinnung der für die Untersuchungen notwendigen Biomasse an *Desulfovibrio äspöensis*.

Teilziel 2 ist die Aufklärung der Wechselwirkung dieses Bakterienstammes mit Uran, Neptunium, Plutonium und Curium.

Dazu werden modernste spektroskopische Verfahren wie Laserspektroskopie und Röntgenabsorptionsspektroskopie eingesetzt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Untersuchungsprogramm gliedert sich in die Arbeitsaufgaben:

1. - qualitäts- und quantitätsgerechte Produktion der Biomasse
 - Apparative Installation, mikrobiologische Charakterisierung und Kontrolle
2. - Wechselwirkung von *Desulfovibrio äspöensis* mit den Actiniden (Uran, Neptunium, Plutonium und Curium)
 - Bestimmung der akkumulierten Menge pro Trockengewicht Biomasse
 - Abhängigkeit der Akkumulation von pH-Wert, Redoxpotential, Gasatmosphäre, Ionenstärke
 - Bestimmung der Actinidenspeziation in der Lösung (rechnerisch, spektroskopisch) vor und nach der Akkumulation
 - Bestimmung der Actinidenspeziation im Akkumulat

3. Durchgeführte Arbeiten

- Aktualisierung der Literaturrecherche
- Installation und Testung des optimierten Lasersystems zur Fluoreszenzspektroskopie und photoakustischen Spektroskopie
- Fortführung der Arbeiten zur Anzucht von *Desulfovibrio äspöensis* Biomasse (Äquivalente einer Aktivkultur des Stammes DSM 10631^T von der DSMZ, schrittweise Verringerung des Fe-Gehaltes im anaeroben Medium)
- Aufnahme der Wachstumskurven der Bakterien mittels UV-Vis Spektroskopie

- Charakterisierung der Biomasse (Lichtmikroskop und REM, molekularbiologische Charakterisierung)
- Fortsetzung der Installation der Apparaturen zur Biomassegewinnung
- Weiterführung der Installation der Geräte in der Glove Box zur Akkumulation der Actinide an der Biomasse
- Erste Versuche zur Wechselwirkung der Biomasse mit Uran(VI), Bedingungen: Kultur angezogen mit 0.42 mg/l Fe im Medium und nach 6 Tagen geerntet, Untersuchung der Kinetik, Gasatmosphäre: N₂, Ionenstärke: 0.9% NaCl, Lactat als Elektronendonator, konstante Uran(VI)-Konzentration und variabler pH-Wert: 3, 5, 6, 8
- Erste spektroskopischen Messungen zur Aufklärung der U-Speziation im Bioakkumulat und in den Lösungen der Reduktionsversuche

4. Ergebnisse

- Teilziel 1: qualitäts- und quantitätsgerechte Produktion der Biomasse:
- Wachstum der Kulturen bei reduziertem Eisengehalt (0.21 mg/l, 0.105 mg/l, 0.042 mg/l). Für die Bearbeitung des Teilziels 2 ist es wichtig, dass dann geerntet wird, wenn sich die Bakterien in der exponentiellen Wachstumsphase befinden. Ergebnisse: a) 0.42mg/l Fe nach 4-6 Tagen stationäre Wachstumsphase, b) 0.105mg/l Fe nach 6-7 Tagen stationäre Wachstumsphase, c) 0.042mg/l Fe nach 7-8 Tagen stationäre Wachstumsphase erreicht. Die Menge an Biomasse nimmt mit abnehmendem Fe-Gehalt im Medium ab.
- Es gelang, von den *D. äspöensis* Kulturen die DNA zu isolieren. Im nächsten Schritt wurde davon ein charakteristisches DNA-Fragment (16S rDNA) mittels PCR (Polymerase-Kettenreaktion) isoliert und vervielfältigt.
- Teilziel 2: Wechselwirkung von *Desulfovibrio äspöensis* mit den Actiniden: erste Versuche zur Uran(VI) Reduktion durch *Desulfovibrio äspöensis*: Die U(VI)-Konzentration betrug 5×10^{-4} M (Trockenmasse: 2.44 g/l). Mittels ICP-MS konnte nach der Zentrifugation eine Abnahme der Uran-Konzentration in der obenstehenden Lösung nachgewiesen werden. Das Uran müsste als U(IV) präzipitiert werden und sich an der Biomasse anreichern. Akkumulierte Uran-Menge: pH 3 10.4 mgU/g, pH 5 20.7 mgU/g, pH 6 28 mgU/g, und pH 8 4 mgU/g. Es handelt sich mit großer Wahrscheinlichkeit um eine langsame enzymatische Uran-Reduktion. Der optimale pH-Wert der Uran-Reduktion liegt zwischen 6 und 7. Bei pH 8 ist kaum noch eine Reduktion zu beobachten.
- TRLFS Untersuchungen zur Bestimmung der Uran-Speziation: Durch starke Fluoreszenz-Quenchprozesse der in den Reaktionslösungen vorhandenen Komponenten Lactat und Chlorid ist keine fluoreszenzspektroskopische Bestimmung der U(VI)-Speziation in den Lösungen möglich. Die Bioakkumulate wurden mit 0.9% NaClO₄ pH 3 gewaschen und darin suspendiert. Die Messungen zeigten, dass rund 83 % des akkumulierten Urans in der Oxidationsstufe +4 und rund 17 % als U(VI) vorliegen. Die Fluoreszenz-Emissionsbanden sind rund 9 nm zu höheren Wellenlängen verschoben verglichen mit dem unkomplexierten Uranyl-Ion. Demzufolge ist dieses Uran an der Oberfläche der Bakterien sorbiert und bildet einen Oberflächenkomplex.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Gewinnung der *Desulfovibrio äspöensis* Biomasse, Optimierung der Herstellungsprozedur
- Genetische Charakterisierung der Biomasse
- Bioakkumulation von Uran in Abhängigkeit des pH-Wertes und des Leitelektrolyten, Ermittlung des optimalen pH-Wertes, Austausch von Cl⁻ durch ClO₄⁻ und von Lactat durch Acetat, Ermittlung der maximalen U(VI)-Konzentration die durch *D. äspöensis* bei konstantem pH-Wert toleriert wird und des Einflusses des Fe-Gehalts und der Biomassemenge auf die Reduktion, Planung von Versuchen (XAS, TEM+EDX) zur experimentellen Bestätigung, dass das akkumulierte Uran als U(IV) vorliegt, Versuche mit Kontrollstamm
- Bioakkumulation von Cm in Abhängigkeit des pH-Wertes und es Leitelektrolyten
- spektroskopische Messungen am Bioakkumulat

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9501
Vorhabensbezeichnung: Geoelektrische Untersuchung der Entsättigung des Opalinustons im Ventilationsversuch im Mont Terri Untertagelabor		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2001 bis 31.03.2004	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 283.253,00 EUR	Projektleiter: Dipl.-Geophys. Rothfuchs	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Neben Steinsalz und Granit werden Tonsteinformationen als Wirtsgesteine für die Endlagerung radioaktiver Abfälle betrachtet. In der Schweiz wird seit Jahren die Eignung der Opalinus-Tonsteinformation erkundet. Nahe St. Ursanne wurde hierzu parallel zum Mt. Terri-Tunnel ein Untertagelabor errichtet.

Bei der Errichtung eines Endlagers werden Strecken aufgefahen und bewettert, so dass von einer Austrocknung des Tongesteins und somit von einer erheblichen Änderung der petrophysikalischen Eigenschaften des Gesteins in der beeinflussten Zone auszugehen ist. Zur Untersuchung dieser Effekte wird zusammen mit ENRESA, NAGRA und IPSN ein repräsentativer Ventilationsversuch durchgeführt. Untersucht werden die Veränderungen der gekoppelten hydraulisch-mechanischen Gebirgseigenschaften.

Der Versuch bietet eine gute Gelegenheit, die räumliche und zeitliche Gebirgsentsättigung mit gleichstrom-geoelektrischen Messungen zu überwachen bzw. diese Messmethode im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit zur Überwachung einschlusswirksamer Endlagerbereiche zu überprüfen bzw. zu erüchtigen.

Das Vorhaben wird im Rahmen des Projekts "Ventilation Experiment in Opalinus Clay" von der Europäischen Union gefördert.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Projektplanung und Erstellung eines Testplans
- Laboruntersuchungen zur Ableitung einer Relation zwischen Wassergehalt und Resistivität
- Beschaffung der Versuchseinrichtungen und Versuchsaufbau
- Durchführung des Ventilationsexperimentes
- Fortlaufende Auswertung der In-situ-Messdaten und
- Erstellung des Abschlussberichtes

3. Durchgeführte Arbeiten

- Durchführung von Modellrechnungen zur Auslegung des Messarrays
- Zuarbeit zum Testplan
- Bau der Elektrodenketten und Installation im Mt. Terri URL
- Teilnahme an "Technical Meetings" des Mont Terri Projektes

4. Ergebnisse

- Die Modellrechnungen zur Auslegung des Messarrays wurden auf Grundlage der Ergebnisse der vorläufigen Laborkalibrierungen durchgeführt, wobei die Resistivität des voll gesättigten Gebirges mit $15 \Omega\text{m}$ angenommen wurde. Auslegungsrechnungen der spanischen Projektkollegen ergaben eine zu erwartende Entsättigung infolge der Ventilation von bis zu 70%, was einem Resistivitätsanstieg auf $60 \Omega\text{m}$ entspricht. Die Modellrechnungen ergaben, dass sich die Entsättigungszone mit einem Elektrodenabstand von 5 cm hinreichend auflösen lässt.
- Der Projekt-Testplan wurde termingerecht im Juni 2002 fertig gestellt. Die GRS lieferte Beiträge zu den Kapiteln „Field Instrumentation“, „Monitoring and Control System“, „Installation“, „Laboratory Programme“ und Interpretation and Numerical Modelling“
- Nach Festlegung des Elektrodenabstandes auf Basis der Laborkalibrierung und Auslegungsrechnungen wurden die Längen und der Elektrodenabstand der Messketten festgelegt und die Elektrodenketten in der GRS-Werkstatt in Braunschweig gebaut. Die Messketten wurden in der 25. Woche 2002 im Versuchsfeld installiert und es wurde zunächst eine Nullmessung vorgenommen. Anschließend mussten die Messkabel wieder demontiert werden, um den Einbau des Ventilationsystems zu ermöglichen. Die Messungen werden nach Installation einer speziellen Kabeldurchführung durch die Ventilationstüren im September wieder angeschlossen.
- Am 20. und 21. Februar 2002 fand das „Technical Meeting 21“ des Mt. Terri Projektes in St. Ursanne statt. Während der Veranstaltung wurde der Stand des VE Experimentes dargestellt und notwendige Projektentscheidungen auf einem außerordentlichen Steering Meeting besprochen und von den Projektpartnern gemeinschaftlich getroffen.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Ermittlung der Resistivitäts-Feuchte-Beziehung an Proben aus dem VE-Versuchsfeld bei Trocknung unter Raumtemperatur
- Wiederanschluss des Messarrays und Beginn der In-situ-Messungen mit zugehöriger Auswertung (voraussichtlich im September 2002)

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Ventilation Experiment in Opalinus Clay, „VE Experiment; VE Test Plan, Projekt Deliverable 3, EC Contract FIKW-CT2001-00126, ENRESA, IRSN, GRS, NAGRA, June 2002

Auftragnehmer: DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine	Förderkennzeichen: 02 E 9511
Vorhabensbezeichnung: Gegenüberstellung von Endlagerkonzepten im Salz und Tongestein (GEIST)	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2001 bis 31.01.2004	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002
Gesamtkosten des Vorhabens: 710.316,00 EUR	Projektleiter: Dipl.-Ing. Filbert

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen einer vergleichenden Gegenüberstellung sollen die charakteristischen Unterschiede zwischen einem generischen Endlager für hochaktive Abfälle im Salz und einem in Tongestein herausgearbeitet werden. Insbesondere sollen die Auswirkungen hinsichtlich der Sicherheit, der Technik und der Kosten analysiert und offene Fragen identifiziert werden.

Die Gegenüberstellung konzentriert sich auf den Bereich Endlager. Gleichwohl werden Aspekte der Standorterkundung, Endlagerbehälter, Konditionierung, Langzeitsicherheit und Geochemie behandelt. Als Basis für ein Endlager im Salz dienen die Ergebnisse aus der „Aktualisierung des Konzepts Endlager Gorleben“ sowie entsprechende systemanalytische Untersuchungen. Beim Tongestein wird auf Ergebnisse im Ausland zurückgegriffen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Im Rahmen des Vorhabens arbeitet die DBE TECHNOLOGY GmbH an folgenden Arbeitspaketen:
AP1: Zusammenstellen der Basisdaten und Randbedingungen für eine vergleichende Gegenüberstellung

lung

Zusammengestellt werden Basisdaten zu den internationalen Endlagerszenarien, den Abfällen, Behältermaterialien, Anforderungen zu Verfüll- und Verschleißmaterialien sowie zu Aspekten der Standorterkundung.

AP2: Endlagerbehälterkonzepte

Im Rahmen der Untersuchung von Endlagerbehälterkonzepten werden Daten zur Abfallkonditionierung und zu Behälterkonzepten zusammengestellt und eine Kostenabschätzung durchgeführt.

AP3: Endlagerauslegung/-technik

Es erfolgt die Auswahl eines Endlagerkonzeptes und eine konzeptionelle Auslegung der über- und untertägigen Anlagen sowie der notwendigen Maschinenteknik mit Kostenabschätzung. Die Unterschiede zwischen Ton- und Salzkonzept werden identifiziert.

AP4: Endlagersicherheit der Betriebsphase

Behandelt werden hier die Themen Strahlenschutz, Safeguards sowie Kritikalität.

AP5: Endlagersicherheit in der Nachbetriebsphase

Aspekte der Geochemie im Hinblick auf Langzeitsicherheit sowie Randbedingungen und grundlegende Aspekte für einen Langzeitsicherheitsnachweis werden in diesem Arbeitspaket bearbeitet.

AP6: Zusammenfassende Bewertung und Dokumentation der Untersuchungsergebnisse sowie Aufzeigen der offenen Fragen**3. Durchgeführte Arbeiten**

Die Zusammenstellung von Basisdaten und Randbedingungen für Endlagerstandorte in Deutschland sowie Belgien, Frankreich und der Schweiz bezüglich

- Abfallmengen
- Endlagerszenarien
- Behältermaterialien
- Anforderungen von Verfüll- und Verschießmaterialien und
- Aspekten der Standorterkundung

im Rahmen der AP1 und AP 2 wurde fortgeführt. Eine geologischen Beschreibung der einzelnen Standorte Hades (Belgien), Mont Terri (Schweiz) und Bure (Frankreich) wurde erstellt. Die Auswertung der Unterlagen zum spanischen Tonprojekt wurde fortgeführt.

4. Ergebnisse

keine

5. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten an den AP1 und AP2 werden abgeschlossen. Das AP3 Endlagerauslegung und -technik wird mit der Darstellung der internationalen Konzepte in Tongestein sowie der Übertragung auf die deutsche Situation weitergeführt.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine	Förderkennzeichen: 02 E 9521
Vorhabensbezeichnung: Übertragung des Sicherheitsnachweiskonzeptes für ein Endlager im Salz auf andere Wirtsgesteine (ÜBERSICHT)	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2001 bis 30.07.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002
Gesamtkosten des Vorhabens: 355.415,00 EUR	Projektleiter: Frau Dr.-Ing. Müller-Hoeppe

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Gesamtziel des Vorhabens ist es, analog zu dem FuE-Vorhaben „Ein neuer Ansatz zur Bewertung der Wirksamkeit von Barrieren im Endlager“, in dem auf konzeptioneller Basis das nachweisbare Sicherheitsniveau eines Endlagers im Salz ermittelt wurde, das nachweisbare Sicherheitsniveau eines Endlagers in den Wirtsgesteinen Granit und Ton im Rahmen vorliegender Endlagerkonzepte konzeptionell zu bestimmen. Dabei ist sowohl die ungestörte als auch die gestörte Entwicklung des Endlagers zu betrachten und im Sinne der IAEA -Empfehlung sowohl ein Dosisgrenzwert für die ungestörte Entwicklung des Endlagers anzusetzen als auch ein Risikogrenzwert für die gestörte Entwicklung.

Um einen objektiven, einheitlichen Sicherheitsmaßstab zu erhalten, wie er im System der Eurocodes als Ziel verankert ist und auch den Richtlinien für Bauten des Umweltschutzes zur Beherrschung wassergefährdender Stoffe zu Grunde liegt, ist geplant, eine nachweisbare obere Schranke für das hypothetische Gesamtrisiko zu ermitteln. Dieser Wert stellt einen einheitlichen Sicherheitsmaßstab dar und lässt sich sowohl mit von konventionellen, technischen Anlagen ausgehenden hypothetischen Risiken als auch mit realen Lebensrisiken von Menschen vergleichen. Der Vergleich soll im Rahmen des Vorhabens durchgeführt werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Im Rahmen des Vorhabens werden folgende Arbeitspakete bearbeitet:

- AP1: Zusammenstellung von Informationen zu Endlagern und Verschlusskonzepten in Granit und Ton und Identifikation der Wirkungsweise der Barrieren.
- AP2: Entwicklung von Sicherheitsnachweiskonzepten für Endlagerkonzepte in Granit und Ton und Darstellung der Endlagersystementwicklung
- AP3: Quantifizierung des Sicherheitsniveaus von Einzelbarrieren (Permeationsbarrieren)
- AP4: Quantitative Bestimmung des Sicherheitsniveaus in Konzepttiefe und Gegenüberstellung von Schranken für Risikowerte
- AP5: Zusammenstellung aller Ergebnisse, Dokumentation und zusammenfassende Bewertung

3. Durchgeführte Arbeiten

- AP1: Die Informationen zu Endlagerkonzepten in Granit für die Länder Schweden, Finnland, Schweiz und Kanada wurden in tabellarischer Form zusammengestellt, zu Endlagerkonzepten in Ton für die Länder Schweiz, Belgien und Frankreich. Die in den verschiedenen Endlagerkonzepten vorhandenen Barrieren wurden hinsichtlich ihrer Wirkungsweise klassifiziert. Eine erste Zuordnung von Endlagerbedingungen und Bemessungssituationen, die der ungestörten bzw. der gestörten Entwicklung des Endlagers zuzuordnen sind, wurde vorgenommen.

In die erstellte Tabelle wird neuere Information integriert. Sie wird sukzessive fortgeschrieben.

- AP2: Für ein Endlager im Wirtsgestein Salz wurde in früheren Arbeiten das Wirtsgestein sowie der Schachtverschluss als die die Sicherheit des Endlagers bestimmenden Barrieren für die ungestörte Endlagerentwicklung identifiziert. Für Salz wurden Sicherheitsnachweiskriterien (Dilatanzkriterium in Verbindung mit der geringen Permeabilität des Salzes von kleiner als 10^{-21} m^2) formuliert, mit denen die notwendige Barrierendicke ermittelt werden kann, um einen sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle zu gewährleisten. Für einen Nachweiszeitraum von 50.000 Jahren wurde gezeigt, dass bei Einhaltung der Kriterien keine Freisetzung von Radionukliden erfolgt. Längere Nachweiszeiträume wurden seinerzeit nicht betrachtet.
- Für ein Endlager im Wirtsgestein Ton ist ebenfalls das Wirtsgestein sowie der Schachtverschluss eine die Sicherheit des Endlagers bestimmende Barriere bei ungestörter Endlagerentwicklung. Vergleichbar zum Salz wurde ein erstes Sicherheitsnachweiskriterium, das Fluidkriterium $p < \sigma_1$, formuliert, mit dem in Verbindung mit der ungestörten Permeabilität des Wirtsgesteins Ton dessen Permeationsbarriere-eigenschaft bewertet werden kann. Dabei ist festzuhalten, dass der Einfluss des Porenwasserdruckes im Ton im Hinblick auf das Sicherheitsnachweiskriterium noch nicht abschließend bewertet ist. Allerdings wird bereits deutlich, dass bei einer Permeabilität des Tons von etwa 10^{-18} m^2 für einen Nachweiszeitraum von 50.000 Jahren sich im Vergleich zum Salz ein Vielfaches als erforderliche Barrierendicke ergibt. Auf Basis vorliegender Zahlen wird deutlich, dass für das Wirtsgestein Ton weitere Barrieren bzw. der Einbezug weiterer (Rückhalte)mechanismen, z.B. Sorption, erforderlich sind, um ein dem Wirtsgestein Salz vergleichbaren Einschluss der radioaktiven Abfälle zu gewährleisten. Jedoch ist festzuhalten, dass sich im Wirtsgestein Ton für die Einzelbarriere Wirtsgestein ein vergleichbares Sicherheitsnachweiskonzept anwenden lässt.
- AP3: Die Zusammenstellung quantitativer Daten zur Ermittlung des Sicherheitsniveaus für Einzelbarrieren (Permeationsbarrieren) wurde fortgesetzt.
- AP4: Teilsicherheitsbeiwerte können mit Hilfe probabilistischer Untersuchungen bestimmt werden. Erste Tests zur Anwendung der probabilistischen Verfahren wurden durchgeführt.
- AP5: Noch nicht begonnen

4. Ergebnisse

Für die Wirtsgesteinbarriere Ton konnten vorläufige, noch nicht abgesicherte Sicherheitsnachweiskriterien formuliert werden, die eine vergleichende, quantitative Bewertung der Wirtsgesteinsbarrieren Ton und Salz im Hinblick auf ihre Permeationseigenschaften zulassen. Bei Betrachtung des Wirtsgesteins als Einzelbarriere und Reduktion der Barriere-eigenschaften auf die Permeationseigenschaften unter sonst vergleichbaren Randbedingungen lässt sich festhalten, dass die notwendige Barrierendicke der Einzelbarriere Wirtsgestein Ton ein Vielfaches der notwendigen Barrierendicke des Wirtsgesteins Salz beträgt, wenn sie dem Wirtsgestein Salz vergleichbar die Permeation beschränken soll.

5. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Die Arbeiten werden vervollständigt und neu vorliegende Information einbezogen.
- AP2: Die Untersuchung von Einzelbarrieren wird mit dem Wirtsgestein Granit und dem Schachtverschluss fortgesetzt.
- AP3: Die Zusammenstellung quantitativer Daten wird weitergeführt.
- AP4: Die Arbeiten zur Bestimmung von Teilsicherheitsbeiwerten unter Einsatz probabilistischer Verfahren werden weitergeführt.
- AP5: siehe Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine	Förderkennzeichen: 02 E 9531
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung Thermischer Expansions-Effekte (TEE) in Tonformationen	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2001 bis 30.09.2004	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002
Gesamtkosten des Vorhabens: 770.570,14 EUR	Projektleiter: Dipl.-Geophys. Jobmann

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Ziel des Vorhabens besteht in der Charakterisierung des Effektes der thermischen Expansion der Tonformation auf die Deformation benachbarter Hohlräume anhand von Messungen mit faseroptischen Systemen und begleitenden numerischen Berechnungen. Gleichzeitig soll die Eignung der von DBE entwickelten faseroptischen Sensoren in einer Tonformation demonstriert werden. Die in Computerprogrammen für sicherheitstechnische Auslegungsberechnungen verwendeten Stoffgesetze werden erweitert.

Dazu werden sowohl standortspezifische als auch Literaturdaten zusammengestellt. Mit Hilfe von Berechnungen werden die zu erwartenden Expansionseffekte ermittelt und die Messbereiche der Sensoren spezifiziert. Parallel dazu wird die korrekte Funktion der faseroptischen Sensoren im Vergleich mit konventionellen Systemen beim Einsatz im Untertagelabor der ANDRA in Bure überprüft. Die faseroptischen Sensoren bieten eine gute Möglichkeit, das thermische Expansionsverhalten in-situ zu erfassen. Die Systementwicklung ist weit fortgeschritten und erste Tests unter In-situ-Bedingungen konnten erfolgreich durchgeführt werden. Die notwendige Adaption an das Verhalten der Tonformation stellt ein geringes Risiko dar.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Projektmanagement
2. Materialverhalten
3. Faseroptische Mess-Systeme im URL in Bure
4. Referenzberechnungen
5. Berichtswesen

3. Durchgeführte Arbeiten

- Zu 1: Das „Specific Experiment Agreement“ zur Beteiligung an drei der im Untertagelabor von ANDRA geplanten Experimenten wurde fertiggestellt und von beiden Partnern unterzeichnet. Im Rahmen zweier Arbeitstreffen in Bure wurde das weitere Vorgehen abgestimmt und technische Lösungsmöglichkeiten für eine Integration der Messdaten in das Datenbanksystem der ANDRA diskutiert.
- Zu 2: Die Literaturrecherche zum Materialverhalten von Tongesteinen unter Berücksichtigung der lokalen Verhältnisse in Bure wurde fortgeführt.
- Zu 3: Im Zuge des Einsatzes eines faseroptischen Extensometers in der Schachtnische zur Untersuchung des Gesteinsverhaltens während des Schachtabteufens wurden erste mechanische Auslegungsberechnungen durchgeführt, um sowohl Messbereich als auch Auflösungsvermögen des Sensorsystems möglichst effizient für diesen Zweck zu dimensionieren.

4. Ergebnisse

keine

5. Geplante Weiterarbeiten

- Erstellung von Planungsdokumenten
- Vorbereitung der faseroptischen Systeme, die für den Einsatz im ersten Experiment in der Schachtnische vorgesehen sind
- Weitere Berechnungen zum Verformungsverhalten der Tonformation in Schachtnähe.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln	Förderkennzeichen: 02 E 9541
Vorhabensbezeichnung: Vorprojekt zur Beteiligung am Forschungsprogramm der ANDRA im URL Bure	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2001 bis 31.12.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002
Gesamtkosten des Vorhabens: 737.738,00 EUR	Projektleiter: Dr. Zhang

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Ziel des Vorprojektes besteht darin, die Beteiligung an den von der ANDRA im Untertagelabor Bure (MHM-URL) ab 2003 geplanten Experimente durch orientierende Voruntersuchungen im Labor vorzubereiten und konkrete Einzelprojekte in Fachgesprächen mit der ANDRA zu vereinbaren. Im Rahmen des Projektes sollen folgende Arbeitsschritte durchgeführt werden:

- a) Fachgespräche mit ANDRA zur Vereinbarung konkreter Projektbeteiligungen,
- b) Orientierende geotechnische Laboruntersuchungen und Modellrechnungen,
- c) Orientierende geochemische Laboruntersuchungen.

Der Nutzen des Projektes liegt in der Optimierung der Planung der Beteiligung an Experimenten im MHM-URL. Durch die Ergebnisse können Fehlplanungen aufgrund unzureichender Kenntnisse des Wirtsgesteins vermieden und dringend benötigte Vorkenntnisse bereitgestellt werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Geotechnik
 - Zusammenstellung wesentlicher Materialdaten und THM-Stoffmodelle
 - Aufstellung und Durchführung eines Laborprogramms (gekoppelte HM-Versuche, gekoppelte THM-Versuche, Dilatanzmessung, Permeabilitätsmessung, Injektionsversuche)
 - Beschaffung und Erprobung eines THM-Rechenprogramms
 - Durchführung orientierender THM-Modellrechnungen
- Geochemie:
 - Machbarkeitsstudie zur Durchführung von Kaskadenauslaugversuchen;
 - Machbarkeitsstudie zur Bestimmung von Diffusionskoeffizienten.
- Erstellung des Abschlussberichtes.

3. Durchgeführte Arbeiten

- Zusammenstellung wesentlicher Materialdaten
- Durchführung von Fachgesprächen mit ANDRA und BGR zur Abstimmung eines Laborprogramms zur Unterstützung an der geplanten Experimente im MHM-URL
- Zusammenbau und Erprobung eines THM –Versuchssystems
- Entwicklung eines Verfahrens zur Messung der Schädigung von Tongesteinen
- Entwurf einer Versuchsanlage zur Messung des Quelldruckes, der Permeabilität und der Kompaktion von Tonmaterialien
- Einarbeitung in die Handhabung des THM-Programms CODE-BRIGHT
- Aufbau und Beginn von Versuchen mit einer Apparatur zur Messung von Diffusionskoeffizienten in Tonstein.
- Beginn eines Kaskadenauslaugversuches mit Tonstein.

4. Ergebnisse

- Das ursprünglich von der GRS erstellte Laborprogramm wurde durch Ergänzung des BGR-Programms als ein gemeinsames GRS/BGR-Laborprogramm am 5. Juni 2002 in Chatenay-Malabry bei ANDRA diskutiert und ein von allen Beteiligten als wichtig und notwendig erachtetes Untersuchungsprogramm festgelegt.
- Ein THM-Versuchssystem wurde für eine triaxiale Prüfanlage zusammengebaut. Im ersten Test wurde die Wasserpermeabilität von 10^{-20} m² für eine Tonprobe gemessen.
- Zur Untersuchung der Schädigung von Tongesteinen wurde ein Verfahren mit Hilfe der Ultraschallmessung an Prüfkörpern unter mechanischen Beanspruchungen entwickelt.
- Zur Messung von Quelldruck und Wasserpermeabilität von Tonmaterialien wurde ein Versuchssystem mittels einer Oedometerzelle entwickelt.
- Zur Handhabung des THM-Programms CODE-BRIGHT ist ein wiss. Mitarbeiter eingearbeitet worden.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung der Fachgespräche mit ANDRA zur endgültigen Festlegung der Beteiligung am MHM-URL - Forschungsprogramm
- Weiterführung der Zusammenstellung von Materialdaten und THM - Stoffmodellen
- Durchführung von THM - Testversuchen mittels des THM - Versuchssystems
- Messung von Materialschädigungen von Tonproben mit Hilfe der Ultraschallmessung
- Erprobung der Versuchsanlage zur Messung des Quelldrucks und der Wasserpermeabilität von Tongesteinen
- Weitere Einarbeitung in die Handhabung des Programms CODE-BRIGHT und Durchführung orientierender THM - Modellrechnungen
- Vorkonditionierung eines Tonsteins mit Opalinustonwasser in der Diffusionsmesszelle. Beginn des Diffusionsversuches. Analyse der ersten Gleichgewichtslösungen mit Tonstein und Fortsetzung des Kaskadenauslaugversuches.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln	Förderkennzeichen: 02 E 9551
Vorhabensbezeichnung: Anwendung von Transportprogrammen auf die Nuklidmigration in natürlichen Gesteinsformationen mit Feldmessungen	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2001 bis 28.02.2005	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.252.955,00 EUR	Projektleiter: Dr. Noseck

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Modellansätze und Parameter, welche die Migration von Radionukliden beschreiben und Eingang in Rechenprogramme für Langzeitsicherheitsanalysen finden, werden hauptsächlich aus Laborexperimenten gewonnen. Derartige Experimente sind naturgemäß auf kurze Zeiträume und kurze Transportwege begrenzt. Studien an natürlichen Analoga bieten demgegenüber die Möglichkeit, Informationen über das in geologischen Zeiträumen stattgefundenene Migrationsverhalten der Radionuklide in einer natürlichen Umgebung zu erhalten. Damit wird es möglich, verwendete Rechencodes und Eingangsparameter zu überprüfen, ggf. zu modifizieren und das Vertrauen in geochemische und Transportmodelle zu erhöhen. Nach grundsätzlicher Eignungsbestätigung der beiden Standorte Ruprechtov (CZ) und Heselbach (D) (FKZ 02E9128) werden zunächst die Uranquellen charakterisiert, die großräumige U-Verteilung erfasst, relevante GW-Fließwege und Strömungsfelder ermittelt und im Anschluss Rechenprogramme zum Transport von Radionukliden auf die U-, Th- und Ra-Migration angewendet. Letztendlich soll die Rolle der Geosphäre als natürliche Barriere für die Radionuklid-Migration über geologische Zeiträume dargestellt werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP 1: Experimentelle Arbeiten umfassen das Abteufen weiterer Bohrungen, die Ermittlung hydraulischer und geochemischer Parameter mit Hilfe zusätzlicher Grundwassermessstellen, eine detaillierte chemische, mineralogische und radiometrische Analytik von Sedimenten, Granit, Grund- und Porenwässern sowie den Nachweis stabiler Isotope und wichtiger Isotope aus den natürlichen Zerfallsreihen. Darüber hinaus sollen Batch- und Säulenexperimente den Einfluss von Sorption und Ausfällung auf gelöste Radionuklide ermitteln.

AP 2: In Ergänzung hierzu umfassen theoretische Arbeiten die Erstellung von Strömungsmodellen an beiden Standorten. Auf Basis der Ergebnisse aller experimentellen Arbeiten und geochemischen Modellrechnungen soll dann der Transport der Radionuklide U, Th und Ra an den Standorten modelliert werden. Dabei wird großer Wert auf eine klare und verständliche Dokumentation der Ergebnisse im Hinblick auf Systemverständnis und öffentliche Akzeptanz von Endlagerstandorten gelegt.

3. Durchgeführte Arbeiten

- Durchführung neuer Bohrkampagnen an den Standorten Ruprechtov und Heselbach
 - 4 neue Bohrungen am Standort Ruprechtov mit Gewinnung von Bohrkernmaterial. Erstmals auch Beprobung des Kaolinhorizontes sowie des unterlagernden und des austretenden Granits.
 - 10 neue Bohrungen am Standort Heselbach mit Gewinnung von Bohrkernmaterial. Erstmals Bohrungen auch im Keuper (Zustrom) und im Bereich der Tagebau-Innenkippe (Abstrom).
 - Geophysikalisches Logging zur In-situ-Charakterisierung der Gesteinsabfolge in Ruprechtov.
 - Errichtung von Grundwassermessstellen in allen neuen Bohrungen beider Standorte.
 - Errichtung einer Wetterstation in Heselbach zur Beschaffung lokaler meteorologischer Daten.
- Einmalige Beprobung des Grundwassers aus dem unterlagernden Granit am Standort Ruprechtov
 - Ermittlung der chemischen Zusammensetzung und des Gehalts an natürlichen Isotopen.
- Charakterisierung der Heselbach-Proben
 - γ -spektroskopische Charakterisierung der Bohrkernkerne, makroskopische Kernbeschreibung aller Bohrungen und stratigraphische Zuordnung der Schichten.
 - Verteilung geeigneter Kernsegmente an die beteiligten Institutionen zur Durchführung entsprechender analytischer Arbeiten (chemische und mineralogische Analyse, Radiometrie, sequentielle Extraktion sowie EXAFS-Analyse).
- Erste Grundwasserprobenahme unter ungestörten Bedingungen am Standort Heselbach

4. Ergebnisse

In Heselbach wurden an vier neuen Bohrungen im Braunkohletertiär Urananreicherungen in Braunkohle- und Tonhorizonten durch erhöhte γ -Aktivität nachgewiesen. Entsprechend der Gammaaktivitätsverteilung ist die vorherrschende Transportrichtung des Urans entlang einer nur wenige Meter breiten Rinne nachvollziehbar. Die übrigen Proben im Keuper und Innenkippe weisen erwartungsgemäß keine γ -Anomalien auf.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Feldarbeiten am Standort Ruprechtov
 - In-situ-Bestimmung relevanter GW-Parameter wie Eh-, pH-Wert und S₂-Konzentration.
 - Bestimmung der lokalen Grundwasser-Fließrichtung und -Geschwindigkeit mit der Einbohrlochmethode.
- Charakterisierung der neuen Kernproben vom Standort Ruprechtov
 - γ -spektroskopische Charakterisierung der Bohrkernkerne.
 - Kernbeschreibung aller vier Bohrungen.
 - Verteilung geeigneter Kernsegmente an beteiligte Institutionen zur Durchführung der analytischen Arbeiten (chemische und mineralogische Analyse, Radiometrie, sequentielle Extraktion und Sedimentation, mikroskopische Analyse, Porenwasseranalyse).
- Arbeiten am Standort Heselbach
 - In-situ-Bestimmung von kf-Werten mittels Slag- and Bail-Tests.
 - 3-monatliche Grundwasserprobenahme mit on-site Messungen (Eh, pH, O₂, T, σ).
 - Regelmäßiges Auslesen und Auswerten der Wetterstationsdaten.
 - Weiterführung der analytischen Arbeiten an den Bohrkernproben.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9561	
Vorhabensbezeichnung: Modellentwicklung zur Quellung hochkompakter Bentonite im Kontakt zu Lösungen unterschiedlicher Salinität im Temperaturbereich 25 - 120°C			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2001 bis 30.09.2004		Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 797.096,88 EUR		Projektleiter: Dr. Herbert	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist es, mittels einer in der GRS im Rahmen des Vorgängervorhabens 02 E 8986 entwickelten Messmethode, statistisch abgesicherte Quelldruckdaten für kompaktierte Bentonite im Kontakt mit relevanten Salzlösungen unter endlagerrelevanten Randbedingungen im Temperaturbereich 25 bis 120 °C zu ermitteln. Anhand der gemessenen Quelldrücke und der Versuchsparameter Lösungszusammensetzung, Rohdichte, Temperatur, Feststoff/Lösungsverhältnis soll ein Modell aufgestellt werden, mit dem die experimentellen Ergebnisse durch Regression nachvollzogen werden können. Es werden drei experimentelle Teilziele verfolgt:

- Ermittlung statistisch abgesicherter Quelldruckdaten von kompaktierten Bentoniten mit den Rohdichten 1,6, 1,7 und 1,8 g/cm³ mit den hochsalinaren Lösungen NaCl-, IP9-, P24-, P21- und IP19-Lsg.
- Entwicklung einer geeigneten Messapparatur und Ermittlung erster Quelldruckdaten bei erhöhten Temperaturen.
- Untersuchung des Einflusses von geometrischen und Skalierungsfaktoren auf den Quelldruck.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Bau der Messstände für Quelldruckmessungen bei Umgebungstemperaturen

Es werden zwei Messstände gebaut, mit denen bis zu acht Messungen gleichzeitig möglich sind.

AP2: Durchführung der Messungen bei Umgebungstemperaturen

Es werden die Messungen zum Erreichen des Teilziels 1 durchgeführt.

AP3: Quelldruckmessungen in Abhängigkeit von der Probengeometrie

Es wird eine neue Messzelle für quaderförmige Probekörper gleichen Volumens gebaut und Messergebnisse mit zylindrischen Zellen und der quaderförmigen Zelle verglichen.

AP4: Quelldruckmessungen in Abhängigkeit von der Probengröße

Fremde FuE-Mittel für den Bau einer großen Messapparatur für Quelldruckmessung an einem Verbund von bis zu vier Bentonitziegelsteinen wurden nicht genehmigt. Alternativ werden im AP4 Messungen an zylindrischen Probekörpern unterschiedlicher Länge durchgeführt und die Ergebnisse verglichen.

AP5: Bau, Test und Durchführung von Quelldruckmessungen bei erhöhten Temperaturen

Es wird eine Messapparatur gebaut, die Quelldruckmessungen an zylindrischen Probekörpern im Temperaturbereich 25 bis 120 °C ermöglichen, gebaut und getestet. Erste Messergebnisse werden vorgelegt.

AP6: Erstellung des geochemischen Modells für Quelldrucke

Die Messergebnisse werden verwendet, um ein geochemisches Modell zur Prognose von Quelldrücken kompakter Bentonite in Abhängigkeit von der Lösungszusammensetzung, dem Feststoff/Lösungs-Verhältnis, der Rohdichte und der Temperatur aufzustellen. Das empirische Modell wird die experimentell ermittelten Zusammenhänge durch Regression beschreiben.

3. Durchgeführte Arbeiten

15 Quelldruckmessungen mit MX-80 (Einbaudichte = 1,6) und gesättigter NaCl-Lösung, 10 Quelldruckmessungen mit Calcigel (Einbaudichte = 1,6) und gesättigter NaCl-Lösung. Eine kleine Messzelle für quaderförmige Probekörper wurde in Auftrag gegeben. Sie wird ein kleineres Innenvolumen als das realer Bentonit-Formsteine, jedoch gleiche Kantenlängenverhältnisse aufweisen. Das Innenvolumen wurde so ausgelegt, dass es einer weiteren, ebenfalls in Auftrag gegebenen Messzelle für zylindrische Probekörper gleicht.

4. Ergebnisse

Mit MX80 ergeben sich reproduzierbar in der Tendenz höhere Quelldrucke als mit Calcigel.

5. Geplante Weiterarbeiten

Aufbau des Versuchsstandes für AP3: Messzellen für große zylindrische und quaderförmige Probekörper. Anschließend Beginn von Versuchen mit MX80 (1,6) – NaCl. Fortsetzung der Messungen zu AP1.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine		Förderkennzeichen: 02 E 9571
Vorhabensbezeichnung: Koordination geowissenschaftlicher Tätigkeiten in alternativen Wirtsgesteinen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2001 bis 31.12.2004	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 172.918,00 EUR	Projektleiter: Dr. Krone	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

International herrscht Übereinstimmung darüber, dass hochradioaktive Abfälle in tiefen geologischen Formationen endgelagert werden. Weltweit gibt es Endlagerprojekte in den Wirtsgesteinsformationen Salz, Granit, Ton und Tuff. Des Weiteren wird die Eignung von Grünschiefer sowie Porphyrit und Permafrost diskutiert. Den höchsten Entwicklungsstand weisen die Endlagerprojekte im Salz, Granit, Ton und Tuff auf.

Die Bundesregierung hat in der Neuausrichtung der Endlagerforschung festgelegt, alternativ zu Salz, auch andere Wirtsgesteinsformationen zu untersuchen. Aufgrund der großen Komplexität der betroffenen wissenschaftlich-technischen Fragestellungen und der aufgezeigten Vielfalt betrachteter Wirtsgesteine, erlangt die internationale Kooperation in der Endlagerforschung große Bedeutung.

Gegenstand des Vorhabens ist die wissenschaftlich-technische Begleitung einiger Forschungsaktivitäten zur Endlagerung in alternativen Wirtsgesteinen. Ziel ist es dabei, die Zusammenarbeit der beteiligten deutschen Forschungseinrichtungen untereinander und mit ausländischen Partnern so zu gestalten, dass eine große Effektivität der Arbeiten und ein nachhaltiges Gesamtergebnis erreicht wird.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Vorbereitung gemeinsamer Forschungsvorhaben
2. Koordinierung bei der Durchführung gemeinsamer Forschungsvorhaben
3. Planung und Berichterstattung

3. Durchgeführte Arbeiten

Zu 1: Vorbereitung gemeinsamer Forschungsvorhaben

Im Berichtszeitraum wurde die Vorbereitung von zwei Vorhaben abgeschlossen.

- Anforderungen an die Standorterkundung für HAW-Endlager im Hartgestein (ASTER)
- Untersuchungen zur Endlagerung in Großbohrlöchern

Zu 2: Koordinierung bei der Durchführung gemeinsamer Forschungsvorhaben

Zum Vorhaben ASTER wurden die notwendigen Abstimmungen mit den beteiligten deutschen Partnern BGR, GRS und ausländischen Institutionen für die planmäßige Durchführung des Vorhabens getroffen

4. Ergebnisse

siehe Ziffer 3

5. Geplante Weiterarbeiten

Den Schwerpunkt der Arbeiten für den kommenden Berichtszeitraum bilden der planmäßige Ablauf des Vorhabens "Untersuchungen zur Endlagerung in Großbohrlöchern" sowie die Erarbeitung und Abstimmung des Arbeitsplanes für 2003.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: IfG, Friederikenstraße 60, 04279 Leipzig	Förderkennzeichen: 02 E 9582
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Spannungsumlagerungen (BARIAN) Phase 2	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2002 bis 31.12.2003	Berichtszeitraum: 01.03.2002 bis 30.06.2002
Gesamtkosten des Vorhabens: 452.652,00 EUR	Projektleiter: Dr.-Ing. Kamlot

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In einem Gemeinschaftsvorhaben mit der GRS, Bereich Endlagersicherheitsforschung, werden an einem Hauptanhydritaufschluss, der gegenwärtig infolge Abbaueinfluss erhöhten Gebirgsspannungen ausgesetzt wird, der Spannungszustand, die Hohlraumkonvergenz und die Kluffpermeabilität 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 Kluffströmung im Anhydrit untersucht, wobei die In-situ-Messwerte der Modellüberprüfung dienen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1 Ermittlung der Gebirgsspannungen im Anhydrit und benachbarten Steinsalz mit unterschiedlichen Messverfahren und Nachweis der Änderungen infolge Abbaueinfluss.
- AP2 Konvergenzmessungen in der Zufahrtstrecke zum Messort zum zusätzlichen Nachweis der Abbauwirkung.
- AP3 Bestimmung der Fluiddruckbelastbarkeit von Anhydritklüften sowie von hydraulischen Kennwerten in Abhängigkeit von der Abbauwirkung.
- AP4 Modellierung der Lastumverlagerung auf den klüftigen Anhydrit sowie der sich ändernden hydraulischen Rissintegrität.
- AP5 Auswertung und zusammenfassende Berichterstattung.

3. Durchgeführte Arbeiten

- Weiterführung und Auswertung der Konvergenzmessungen.
- Wiederholungsmessung Spannungssondierung im Anhydrit.
- Simulation der In-situ-Messungen mit Modellrechnungen.

4. Ergebnisse

Die Konvergenzmessungen in der Zufahrtstrecke zum Messort zeigen nunmehr deutlich den Einfluss der Abbautätigkeit. Die dem Messort unmittelbar benachbarte Abbaukammer 2111 wurde im letzten Winter zu etwa $\frac{2}{3}$ aufgefahren und der Abbaufortschritt hat sich gegenwärtig verlangsamt. Beide Phasen zeigen sich in den Streckenkonvergenzraten. Weiterhin deuten sich im hydraulischen Abströmverhalten auf den Anhydritklüften Einflüsse des veränderten Spannungsfeldes an. Diese müssen in Wiederholungsmessungen weiter verfolgt und mit Modellrechnungen in ihrer Wechselwirkung untersucht werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

Entsprechend der Vorhabensbeschreibung.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9592	
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Spannungsumlagerungen (BARIAN) Phase 2			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2002 bis 31.12.2003		Berichtszeitraum: 01.03.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 509.055,00 EUR		Projektleiter: Dipl.-Geophys. Wiczorek	

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 Vorhaben wird als Gemeinschaftsprojekt mit dem Institut für Gebirgsmechanik, Leipzig, in Salzbergwerk Bernburg durchgeführt. 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 2 Permeabilitäts-Vergleichsmessungen mit Gas in unterschiedlich aufgelockerten Gebirgsbereichen
- AP 7 Auswertung und zusammenfassende Berichterstattung

3. Durchgeführte Arbeiten

AP 1: Messungen, automatische Auswertung, Datensicherung und Wartung wurden im geplanten Umfang durchgeführt. Die automatische Ortung muss manuell kontrolliert bzw. korrigiert werden, auf Grund der hohen Anzahl von Ereignissen zu Jahresbeginn sind die aktuellen Ereignisse noch nicht kontrolliert.

4. Ergebnisse

AP 1: Seit Ende 2001 hat die Ereignishäufigkeit wegen des Abbaufortschrittes stark zugenommen. Die Ereignisse konzentrieren sich auf den Bereich unterhalb des Arrayzentrums. Die Ortungsergebnisse der aktuellen Ereignisse müssen noch manuell kontrolliert werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

AP 1: Weiterführung der bisherigen Arbeiten, insbesondere Kontrolle der Ortungsergebnisse.

AP 2: Permeabilitätsmessungen in unterschiedlich aufgelockerten Gebirgsbereichen werden nach Vorliegen abgesicherter Ortungsergebnisse geplant.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln	Förderkennzeichen: 02 E 9602
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Gaserzeugung und -freisetzung sowie dem Wassergehalt und der Wasserumverteilung im Erhitzerversuch im Opalinus-Ton des Mont Terri-Tunnels	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2002 bis 31.12.2004	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002
Gesamtkosten des Vorhabens: 671.019,00 EUR	Projektleiter: Dr. Jockwer

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Untertagelabor Mt. Terri wurde ein Versuchsfeld angelegt, um das umliegende Gebirge (Opalinus-Ton) auf 100 °C aufzuheizen und die Temperaturverteilung, den Gebirgsdruck, den Fluiddruck, den Wassergehalt sowie die Wasserumverteilung, die Gasfreisetzung, die Korrosion von Behältermaterialien und die Gebirgsbewegung zu ermitteln.

In diesem internationalen Versuch, unter der Projektleitung von BGR (D) und Beteiligung von ENRESA (E), NAGRA (CH), ANDRA (F) und GRS (D), sollen von GRS in situ und im Labor die thermische Gaserzeugung und -freisetzung sowie mit geoelektrischen Verfahren der Wassergehalt und die Wasserumverteilung im Opalinus-Ton ermittelt werden.

Aufgrund technischer Schwierigkeiten konnten bisher die Untersuchungen nur im nicht aufgeheizten Gebirge durchgeführt werden. Ende 2001 wurden die technischen Probleme behoben, so dass mit dem Aufheizversuch Anfang 2002 begonnen werden konnte.

Mit diesem Vorhaben werden die vorhandenen Kenntnisse zu einem Endlager in Tonformationen sowie die von Tonversatz- und Tonverschlussmaterialien verbessert bzw. weiterentwickelt.

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

Am 22. Februar 2002 wurden die elektrischen Erhitzer angeschaltet und heizen seither ohne Unterbrechung.

Unmittelbar vor Anschalten der Erhitzer und im Mai (3 Monate) wurden aus den 4 Untersuchungsbohrlöchern Proben zur Bestimmung der Gasfreisetzung entnommen.

Die geoelektrischen Messungen zur Erfassung der Widerstandsverteilung im Versuchsfeld wurden planmäßig durchgeführt.

4. Ergebnisse

In den Untersuchungsbohrungen zur Erfassung der Gasfreisetzung und der geoelektrischen Widerstandsverteilung, die ca. 0,5 m von der Erhitzeroberfläche entfernt sind, ist die Temperatur bis Ende Juni auf 35 °C angestiegen. Aus diesem geringen Anstieg hat sich innerhalb von 4 Monaten keine Änderung in der Gasfreisetzung und der Widerstandsverteilung ergeben. Hinsichtlich der Gaskonzentrationen in den Untersuchungsbohrungen (CO₂ 0,5-1,5%, He 0,003-0,05% und CH₄ 0,03-0,6%) zeigt sich, dass der Opalinus-Ton sehr inhomogen ist. Im Gegensatz hierzu ist der spezifische elektrische Widerstand mit 10 bis 20 m recht homogen.

5. Geplante Weiterarbeiten

Weiterführung der In-situ-Messungen zur Gasfreisetzung und der elektrischen Widerstandsverteilung. Labormessungen an Bohrkernen zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit bei erhöhter Temperatur, um die Leitfähigkeit im Gebirge zu kalibrieren und daraus den Wassergehalt abzuleiten.

Labormessungen an Proben aus dem Versuchsfeld zur Bestimmung der spezifischen Gasfreisetzung in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine	Förderkennzeichen: 02 E 9612
Vorhabensbezeichnung: Anforderungen an die Standorterkundung für HAW-Endlager im Hartgestein (ASTER)	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2002 bis 31.12.2003	Berichtszeitraum: 01.02.2002 bis 30.06.2002
Gesamtkosten des Vorhabens: 360.313,00 EUR	Projektleiter: Dr. Krone

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Ziel des Vorhabens besteht darin, am Beispiel von zwei russischen HAW-Endlagerstandorten in Hartgesteinsformationen (Granit und Porphy) Anforderungen an eine zielgerichtete Standorterkundung zu ermitteln, um letztlich einen Sicherheitsnachweis bzw. Standorteignungsnachweis führen zu können. Es sollen in einer sehr frühen Phase der Endlagerplanung und Standortcharakterisierung aus dem Informationsbedarf für eine Endlagersicherheitsanalyse die notwendigen Maßnahmen zur zielgerichteten geowissenschaftlichen Erkundung eines Standortes im Hartgestein abgeleitet werden. Das Vorhaben wird in Zusammenarbeit mit BGR und GRS arbeitsteilig durchgeführt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Ermittlung und Bewertung der verfügbaren Ausgangsdaten
- AP2: Vorläufige Endlagerauslegung und Bewertung der technogenen Einwirkungen auf das Mehrbarrierensystem
- AP3: Vorbereitung eines sicherheitsanalytischen Endlager- und Standortmodells (Federführung GRS)
- AP4: Ableitung von Anforderungen an die geowissenschaftliche Erkundung des Endlagerstandortes (Federführung BGR)
- AP5: Dokumentation

3. Durchgeführte Arbeiten

AP1:

Die Unterlagen zum Granit-Standort wurden übergeben und sofern erforderlich übersetzt. Für den Porphyristandort liegen bisher die erforderlichen Daten nur teilweise vor.

AP2:

Es wurden in generisches Konzept für ein HAW-Endlager im Granit und die Verfahrensweise zur Endlagerauslegung erarbeitet.

4. Ergebnisse

Mit den deutschen Partnern BGR und GRS wurde eine Methodik zur Erstellung eines zielorientierten Erkundungsprogramms für ein HAW-Endlager im Hartgestein erarbeitet und das Zusammenwirken dabei abgestimmt.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Durchführung der notwendigen Modellierungen zur Auslegung eines Endlagers in Granit
- Vervollständigung der Ausgangsdaten für den Endlagerstandort in Porphyristandort
- Erarbeitung eines ersten generischen Konzeptes für ein Endlager in Porphyristandort

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1,50455 Köln	Förderkennzeichen: 02 E 9622
Vorhabensbezeichnung: Anforderungen an die Standorterkundung für HAW-Endlager im Hartgestein (ASTER) AP3: Vorbereitung eines sicherheitsanalytischen Endlager- und Standortmodells	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2002 bis 31.12.2003	Berichtszeitraum: 01.02.2002 bis 30.06.2002
Gesamtkosten des Vorhabens: 272.595,00 EUR	Projektleiter: Dr. Fein

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Ziel des Vorhabens besteht darin, am Beispiel von zwei russischen HAW-Endlagerstandorten in Hartgesteinsformationen (Granit und Porphyr) Anforderungen an eine zielgerichtete Standorterkundung zu ermitteln, um letztlich einen Sicherheitsnachweis bzw. Standorteignungsnachweis führen zu können. Es sollen in einer sehr frühen Phase der Endlagerplanung und Standortcharakterisierung aus dem Informationsbedarf für eine Endlagersicherheitsanalyse die notwendigen Maßnahmen zur zielgerichteten geowissenschaftlichen Erkundung eines Standortes im Hartgestein abgeleitet werden. Das Vorhaben setzt sich sowohl für den granitischen als auch den porphyrischen Standort aus folgenden AP's zusammen: AP 1 Basisdaten; AP 2 Endlagerauslegung (DBE); AP 3 Sicherheitsanalytisches Modell (GRS); AP 4 Ableitung Erkundungsanforderungen (BGR); AP 5 Dokumentation.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Durchführung des Vorhabens ist wie folgt unterteilt:

A: Untersuchungen im Granit

- AP 3: Sicherheitsanalytisches Modell
 - Modellentwurf
 - Modellüberprüfung
 - Umsetzung Strömungsmodell
 - Strömungsmodellierung
 - Umsetzung Radionuklidtransport
 - Transportmodellierung

B: Untersuchungen im Porphyry

- AP 3: Sicherheitsanalytisches Modell
 - Modellentwurf
 - Modellüberprüfung
 - Umsetzung Strömungsmodell
 - Strömungsmodellierung
 - Umsetzung Radionuklidtransport
 - Transportmodellierung

3. Durchgeführte Arbeiten

Es wurde begonnen, die von russischer Seite erhaltenen Daten zu sichten und bezüglich ihrer Verwendbarkeit bei der Modellierung zu bewerten. Beim Juni-Treffen wurde den russischen Kooperationspartnern eine Liste mit offenen Fragen bezüglich der Daten übergeben.

Am 19. - 21. Februar, am 26. - 28. März fanden in Moskau und am 12. - 14. Juni in Hannover, Peine und Braunschweig Arbeitstreffen mit den russischen Partnern statt.

4. Ergebnisse

keine

5. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten werden entsprechend der im Antrag angegebenen Vorgehensweise fortgesetzt.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: TU Clausthal, Adolph-Römer-Straße 2 a, 38670 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 E 9632
Vorhabensbezeichnung: Laborative und numerische Grundlagenuntersuchungen zur Übertragbarkeit von Stoffmodellansätzen und EDV-Software für Endlager im Salzgestein auf Endlager im Tonstein		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2002 bis 28.02.2005	Berichtszeitraum: 01.04.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 777.912,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Lux	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Um im Rahmen von Standortvergleichen und standortbezogenen Sicherheitsanalysen eine zu der langjährig erforschten Endlagerung im Wirtsgestein Steinsalz gleichermaßen qualifizierte Vergleichsuntersuchung unter dem Aspekt der Betriebs- und Langzeitsicherheit in nichtsalinaren Wirtsgesteinsformationen durchführen zu können, muss als Grundlage u.a. das mechanische und hydraulische Verhalten von Tongestein sowie die hydromechanischen Wechselwirkungen, die bei Tongesteinen eine größere Bedeutung haben als z.B. bei Granit oder Salzgesteinen, grundlegend erforscht werden. Darüber hinaus muss ein Instrumentarium erarbeitet werden, mit dessen Hilfe das Tragverhalten und die Funktionsfähigkeit

- (1) des Gebirges sowohl als Tragelement wie auch als geologische Barriere sowie
- (2) der geotechnischen Barrieren als Verbundkonstruktionen von umgebendem Gebirge und bautechnischen Abdichtungs-/Tragelementen

analysiert und prognostiziert werden können.

Es ist deswegen Ziel des Vorhabens, unter Nutzung bestehender Software das vom Antragsteller im Rahmen der Schädigungsmechanik entwickelte Stoffmodell *Hou/Lux* mit den notwendigen Modifikationen auf Tongesteine zu übertragen und anzuwenden. Aufbauend auf abgesicherten laborativen Erkenntnissen soll herausgearbeitet werden, welche Erweiterungen erforderlich sind, um das ebenfalls vom Antragsteller entwickelte HM-Kopplungskonzept in ein THM-Kopplungskonzept zu erweitern bzw. zu verbessern.

Das beantragte Vorhaben trägt dazu bei, die Prädiktionsqualität der für eine Prognose des Langzeitverhaltens und der Barrierenintegrität erforderlichen Nachweise zu erhöhen. Durch die im Rahmen des Vorhabens beabsichtigten Untersuchungen zum mechanisch-hydraulisch gekoppelten Materialverhalten von Tongesteinen sowie die qualitativ/quantitative Ertüchtigung des vorhandenen Simulationsinstrumentariums können die bei Standortvergleichen und Sicherheitsanalysen erforderlichen geomechanischen und geomechanisch-hydraulischen Nachweise auf verbesserter Grundlage geführt werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- a) Beschaffung von Bohrkernmaterial aus Mt-Terri (natürliche Proben)
- b) Bau von Prüfständen zur Ergänzung der bestehenden Laborausstattung
- c) Kurzzeitversuche (TC- und TE-Festigkeitsversuche)
- d) Kriechversuche (TCc- TEc-Versuche)
- e) Durchströmungsversuche
- f) Numerische Analysen zur Stoffmodellvalidierung
- g) Bewertung der Ergebnisdaten
- h) Schlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten

- * Beschaffung von Kernmaterial
- * Durchführung erster Laborversuche und Literaturrecherche
- * Analytische Arbeiten zur Stoffmodellerweiterung

Grundlage für Sicherheitsanalysen für Endlager ist u.a. die verlässliche rechnerische Prognose des Gebirgsverhaltens unter den zu erwartenden technologischen Einwirkungen. Dazu gehören insbesondere das Festigkeits- und Deformationsverhalten sowie die hydraulischen Eigenschaften des jeweiligen Gesteins, da aus diesem Verhalten u.a. Spannungumlagerungen und die Ausbildung einer Sekundärpermeabilität resultieren. Zusammenfassend ist festzustellen, dass das Festigkeitsverhalten von Tongestein in Abhängigkeit von der Spannungsgeometrie zunächst qualitativ ähnlich ist wie das Verhalten von Steinsalz. Es unterscheidet sich allerdings nachhaltig durch seine Abhängigkeit vom Porenwassergehalt, der im Salzgebirge erheblich geringer ist und deshalb keine explizite Bedeutung hat, dem im Tonsteingebirge hinsichtlich des Tragverhaltens aber eine Schlüsselrolle zufällt. Allerdings ist im Fall der unbeabsichtigten Flutung in durchströmten aufgelockerten Konturzonen ein diesbezüglicher festigkeitsreduzierender Einfluss auch im Salzgestein zu berücksichtigen. Dieser Effekt ist daher bereits in das eigene Konzept zur Analyse des Tragverhaltens von geotechnischen Barrieren integriert, da hier im partiell einer Sickerströmung unterliegenden Salzgebirge die hydromechanischen Wechselwirkungen von signifikanter Bedeutung für das Tragverhalten sind. Weiterhin ist die Theorie der Schädigungsmechanik bislang noch nicht in der Intensität bei Tonstein angewendet worden wie im Fall von Salzgesteinen. Es ist deswegen Ziel des Vorhabens, unter Nutzung bestehender Software das vom Antragsteller im Rahmen der Schädigungsmechanik entwickelte Stoffmodell *Hou/Lux* mit den notwendigen Modifikationen auf Tongesteine zu übertragen und anzuwenden. Aufbauend auf abgesicherten laborativen Erkenntnissen soll herausgearbeitet werden, welche Erweiterungen erforderlich sind, um das ebenfalls vom Antragsteller entwickelte HM-Kopplungskonzept in ein THM-Kopplungskonzept zu erweitern bzw. zu verbessern.

Deutlich wird damit, dass erst dann, wenn diese Grundlagendaten beschafft und in ihren charakteristischen Bereichen und Abhängigkeiten für relevante Tongesteine erkannt sind, versucht werden kann, in einem weiteren Schritt das Konzept für die thermisch-hydraulisch-mechanische Kopplung auf Tongesteine anzuwenden.

4. Ergebnisse

- * Literaturrecherche
- * Testversuche an Vollprüfkörpern (Festigkeitsversuche, Kriechversuche)

5. Geplante Weiterarbeiten

- * Beschaffung von Bohrkernmaterial
- * Konstruktion und Aufbau der Prüfanlagen zur Untersuchung des Langzeitverhaltens
- * Erweiterung Stoffmodell *Hou/Lux* für Tonsteine
- * Erarbeitung numerischer Erfahrungen im Tonsteingebirge

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

2.2 C-Vorhaben

Zuwendungsempfänger: K+S Aktiengesellschaft, Friedrich-Ebert-Str. 160, 34111 Kassel		Förderkennzeichen: 02 C 0516
Vorhabensbezeichnung: Schachtverschlüsse für untertägige Deponien in Salzbergwerken -Forschungsvorhaben Schachtverschluss Salzdetfurth Schacht SA II-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.1996 bis 30.09.2002	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 6.800.131,54 EUR	Projektleiter: Dr.-Ing. 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 Schachtverschlusssysteme 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.
- AP2 - Fortführung von Konvergenz- und Temperaturmessungen bis zum Ende der Projektlaufzeit
- AP3 - Überwachung der Schottersäule SA II
- AP4 - Restarbeiten zur Aufwältigung des Bohrschachtes und Räumen des Betriebspunktes, Erstellen des Abschlussberichtes
- AP5 - Gebirgsmechanische und hydraulische Berechnungen zur Langzeitsicherheit der Verfüllsäule aus Schotter im Schacht SA II, Erstellen des Abschlussberichtes
Gebirgsmechanische und hydraulische Berechnungen zur Langzeitsicherheit des Schachtverschlussbauwerkes, Erstellen des Abschlussberichtes

4. Ergebnisse

- AP4 - Aussagen zur Entwicklung der Feuchtigkeitsfront in den Dichtelementen
- AP5 - Gebirgsmechanische Berechnungen zur Verfüllsäule aus Schotter
Gebirgsmechanische und hydraulische Berechnungen zur Langzeitsicherheit des Schachtverschlussbauwerkes

5. Geplante Weiterarbeiten

Durchführung eines Workshops

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: TU-BAF, Akademiestr. 6, 09596 Freiberg		Förderkennzeichen: 02 C 0547
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung eines Grundkonzepts für langzeitstabile Streckenverschlussbauwerke im Salinar -Bau und Test eines Versuchsverschlussbauwerkes unter realen Bedingungen-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1997 bis 31.03.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 3.253.760,80 EUR	Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. 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 Detektion 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 Qualitätssicherungsprogramms 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 9: Rückbau des Versuchsverschlussbauwerkes.

4. Ergebnisse

AP 9: Der Nachweis für die Undichtigkeit des Sohlenkanals wurde erbracht. Das Dichtelement ist nur im Konturbereich durchfeuchtet (0,1 – 0,8m).

5. Geplante Weiterarbeiten

AP 9: Ab 01.09.2002 beginnen die Auswertungsarbeiten (AP10).

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0628	
Vorhabensbezeichnung: Modellrechnungen zur großräumigen dichteabhängigen Grundwasserbewegung			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.1999 bis 31.12.2002		Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.034.190,60 EUR		Projektleiter: Frau Dipl.-Math. Schneider	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit der Fertigstellung des in den Jahren 1995-1998 unter BMBF-Förderung entwickelten Programmpaketes d³f 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 d³f

3. Durchgeführte Arbeiten

AS1: Mit Hilfe des Programms SURFER wurde ein 3D-Modell erarbeitet.

AS2: Weitere Rechnungen wurden durchgeführt, um Erkenntnisse für das massiv parallele Rechnen zu sammeln.

Der Präprozessor wurde fertiggestellt. Abschlussversion und Dokumentation wurden übernommen und getestet.

Der 3D-Tetraeder-Gittergenerator "ARTE" wurde hinsichtlich verschiedener geometrischer Konstellationen weiterentwickelt.

AS4: Weitere Modelle wurden erzeugt und konnten sowohl mit ARTE als auch mit einem Hexaeder-Gittergenerator vernetzt werden.

4. Ergebnisse

Der Präprozessor funktioniert zufriedenstellend, die Arbeiten daran sind abgeschlossen.

Eine erweiterte Version des 3D-Tetraeder-Gittergenerators "ARTE" liegt vor.

Ein Modell zu AS1 existiert.

Massiv parallele Rechnungen auf der CRAY T3E im FZ Jülich sind vorbereitet.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten am Gittergenerator „ARTE“ werden zu Ende geführt.

Serielle und parallele Rechnungen werden durchgeführt.

Der Abschlussbericht wird erstellt.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: IfG, Friederikenstraße 60, 04279 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 C 0649	
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Langzeitsicherheit von UTD in Salzformationen der flachen Lagerung im Zusammenhang mit dem Verformungs- und Bruchverhalten -Phase III-			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2000 bis 31.12.2002		Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 208.882,16 EUR		Projektleiter: 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 0062 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 0062 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

Die planmäßige Ablesung und Wartung der Verformungsmessstellen erfolgte im Berichtszeitraum. Am Messkomplex 2 wurden Spannungssondierungen mit dem Hydrofracverfahren durchgeführt.

4. Ergebnisse

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

Wie die bisher durchgeführten Validierungsrechnungen zeigen, ist für eine weitere Verbesserung der Übereinstimmung zwischen den berechneten und gemessenen Werten vor allem die Einbeziehung der Auflockerungsprozesse im Vorbruch- und teilweise auch im Nachbruchbereich in die Stoffgesetzformulierung erforderlich.

Die Spannungs- und Verformungsmessungen zeigen, dass auch am Messkomplex 2 die stationäre Kriechphase erreicht wurde.

5. Geplante Weiterarbeiten

Fortsetzung der In-situ-Messungen bis zum Erreichen der stationären Kriechphase an allen Messkomplexen für eine abschließende Modellvalidierung. Durchführung der geplanten Spannungssondierungen, sowie der Ablesung und Wartung der Verformungsmessstellen an allen Messkomplexen.

Fortschreibung der für die Messkomplexe charakteristischen gebirgsmechanischen Strukturmodelle und Aufstellung eines Funktionsmodells zur Durchführung prinzipieller Untersuchungen des Einflusses von Auflockerungsprozessen auf das Spannungs-Verformungsverhalten.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0669	
Vorhabensbezeichnung: Hydraulische Kennwerte von tonhaltigen Mineralgemischen zum Verschluss von Untertagedeponien			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1999 bis 31.12.2002		Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 916.308,17 EUR		Projektleiter: Dr. 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

- Die Messungen zur Bestimmung der einphasigen Gas- und Laugenpermeabilitäten und der Zweiphasenflusseigenschaften an 4 Proben des Sand-Ton-Verhältnisses 50/50 und 2 Proben 75/25 wurde abgeschlossen.
- Durchführung der hydraulisch-mechanischen Labormodellversuche an einem großen Steinsalz-Prüfkörper, der mit einem Sand-Ton-Gemisch (90/10) verfüllten Zentralbohrung versehen ist.

4. Ergebnisse

- Die Untersuchungen an den Proben 50/50 ergaben mittlere, mit Q-Lauge (IP 21) gemessene Permeabilitäten von $4,5 \cdot 10^{-18} \text{ m}^2$, wobei sich bei einer der vier Proben der Mischung 50/50 kein stationärer Laugenfluss einstellte. Während der Entsättigungsversuche zur Bestimmung der Zweiphasenflusseigenschaften war ein eindeutiger Zusammenhang zwischen den relativen Gaspermeabilitäten und der Sättigung nicht ermittelbar. Die Verläufe der effektiven und somit auch der relativen Gaspermeabilitäten zeigten, wie auch bereits bei den bisher untersuchten Proben 90/10 und 75/25, eine unsystematische Zu- und Abnahme. Bei zwei Proben des Mischungsverhältnisses 50/50 war kein Gasfluss zu realisieren.
- Die bisherigen Untersuchungen an mit einer Sand-Ton-Mischung gefüllten großen Steinsalzprobe lassen, aufgrund der geringen Durchlässigkeit des Salzes, den Schluss zu, dass die Durchlässigkeit hauptsächlich durch die eingebrachte Sand-Ton-Mischung bestimmt wird. Unter dieser Annahme wurde eine einphasige Gaspermeabilität von ca. $1 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$ und eine Laugenpermeabilität, gemessen mit Q-Lauge (IP 21), von ca. $4 \cdot 10^{-14} \text{ m}^2$ ermittelt. Unter Zugrundelegung der gesamten Querschnittsfläche des Probekörpers, d.h. unter Einbeziehung der Dicke des Salzrings in die Permeabilitätsberechnung, ergab sich eine Gaspermeabilität von ca. $2 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2$ und eine Laugenpermeabilität von ca. $5 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung der Entsättigungsversuche an der großkalibrigen Probe.
- Durchführung hydraulisch-mechanischen Labormodellversuche an einem weiteren großkalibrigen Prüfkörper aus Steinsalz, verfüllt mit vorkompaktierten Sand-Ton-Gemisch-Körpern mit dem Mischungsverhältnis 90/10.
- Untersuchungen zum Zweiphasenfluss an Kies-Ton-Proben mit Wasser und Q-Lauge.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0689	
Vorhabensbezeichnung: Gasfreisetzung aus chemisch-toxischen Abfällen in Untertagedeponien			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1999 bis 30.09.2002		Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.053.403,41 EUR		Projektleiter: 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 die entwickelten Methoden zur Bestimmung der Gasentwicklung an weiteren Abfallproben eingesetzt. Zusätzlich wurden Untersuchungen der Gasfreisetzung unter anaerob-feuchten Bedingungen durchgeführt. Die begonnenen Langzeitversuche wurden fortgesetzt. Arbeiten zur Abschätzung der Druckentwicklung in Untertagedeponien aufgrund der Gasentwicklung aus Abfällen haben begonnen.

4. Ergebnisse

Die bislang abgeschlossenen Langzeituntersuchungen zeigen, dass die Gasentwicklung in vielen Fällen mit der Zeit exponentiell abnimmt. Unter diesen Umständen ist eine Extrapolation auch auf lange Zeiträume möglich. Eine lineare Gasentwicklung ist hingegen bei Abfällen mit hohem Gasfreisetzungspotential zu beobachten. Gegenüber den Versuchen unter verschärften Bedingungen (GasMax) zeigt sich eine um zehn- bis fünfzigmal langsamere Gasentwicklung. Das maximale Gasfreisetzungspotential wird im Versuchszeitraum (bis 6 Monate) allgemein nicht erreicht.

5. Geplante Weiterarbeiten

Beendigung der an einzelnen Abfall/Lösungsparen vorgenommenen Variation von Versuchsparametern (Temperatur, Feststoff/Lösungs-Verhältnis, Körnung), um deren Einfluss auf die Gasbildungsmenge und -rate zu ermitteln. Versuche zur Abschätzung der mikrobiologischen Aktivität. Beendigung der Langzeitversuche zur Gasentwicklung unter UTD-nahen Bedingungen. Entwicklung eines einfachen Gas-/Stofftransportmodells für eine idealisierte UTD.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: IIF e.V., Permoserstr. 15, 04318 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 C 0709
Vorhabensbezeichnung: Geochemische Untersuchungen zur Retention von geogenen/anthropogenen Kohlenstoffverbindungen für toxische Schwermetalle		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1999 bis 31.12.2002	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 383.468,91 EUR	Projektleiter: 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 solcher Kohlenstoffverbindungen auf geogenen 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

- Extraktion und Radiomarkierung geogener und anthropogener Kohlenstoffverbindungen
- Bestimmung der Sorptionskoeffizienten von toxischen Schwermetallen an Geomatrices
- Untersuchungen zur Bildung, Zusammensetzung und Stabilität von Oberflächendepositen
- Bestimmung der Sorptionskoeffizienten von Schwermetallen in Gegenwart geogener und anthropogener Kohlenstoffverbindungen an Modellmatrix und Geomatrices
- Identifizierung der Kohlenstoffverbindungen mittels radioaktiver Doppelmarkierung
- Aufklärung des Retentionsvermögens der reaktiven Kohlenstoffverbindungen
- Abschließende Auswertung, Dokumentation und Schlussberichterstellung

3. Durchgeführte Arbeiten

- Synthese und Erprobung des Trennungsganges zur Gewinnung von trägerfreiem ^{203}Pb
- Bestimmung der Komplexstabilitätskonstanten von Bleihumaten im Ultraspurenbereich ($1 \cdot 10^{-12} - 5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l Pb}^{2+}$) mittels zyklotronhergestelltem ^{203}Pb in Abhängigkeit vom pH-Wert und der verwendeten Huminsäuren

- Adsorptionsstudien von ^{64}Cu an den Geomatrices Phyllit und Diabas im Konzentrationsbereich von $6 * 10^{-10} - 9 * 10^{-4} \text{ mol/l Cu}^{2+}$ im Vergleich zur Modellmatrix Seesand
- Radioaktive Doppelmarkierung von Huminsäuren mit ^{131}I und ^{203}Pb
- Chromatographische Identifizierung von Huminsäuren mit der Methode der radioaktiven Doppelmarkierung

4. Ergebnisse

Die Komplexbildungskonstanten für Huminsäuren (Aldrich-HA und M42) und Pb^{2+} wurden mittels indirekter Speziation durch Anionenaustausch (Sephadex DEAE A-25) im Bereich von $1 * 10^{-12}$ bis $5 * 10^{-5} \text{ mol/l Pb}^{2+}$ ermittelt. Der dabei verwendete kurzlebige Radiotracer ^{203}Pb ($T_{1/2} = 51,9 \text{ h}$) wurde mehrfach im Zyklotron der MHH durch die Kernreaktion $^{nat}\text{Tl}(p, n)^{203}\text{Pb}$ hergestellt (ca. $37 \text{ MBq} / 1,7 \text{ g Tl}$). Der Trennungsgang von Tl/Pb wurde bezüglich der radiochemischen Anforderungen weiterentwickelt. Unter Verwendung des LC-Modells ergeben sich konstante $\log \beta_{\text{LC}}$ -Werte um 5,1 für beide verwendeten Huminsäuren bei pH 5 und 6 mit abnehmender Metallionenkonzentration. Eine Zunahme des $\log \beta_{\text{LC}}$ -Wertes mit abnehmender Pb-Konzentration wie bei den ^{64}Cu -Experimenten wurde nicht beobachtet. Die Sorptionsstudien wurden mit Cu^{2+} im Bereich von $6 * 10^{-10} - 9 * 10^{-4} \text{ mol/l Cu}^{2+}$ in Abwesenheit von HS an den beiden Geomatrices Phyllit (pH 6,0) und Diabas (pH 7,8) im Batchexperiment fortgeführt. Die beiden Geomatrices zeigen eine 50 - 100mal stärkere Adsorption im Vergleich zur Modellmatrix Seesand (pH 5,0). Zur chromatographischen Identifizierung von Huminsäuren (Aldrich und M42) wurden diese radioaktiv doppelmarkiert. Die ^{131}I -markierten Huminsäuren wurden nach der IODOGEN-Methode mit Ausbeuten von 60 % (^{131}I) und 80 % (Huminsäure) hergestellt. Anschließend wurden diese Huminsäuren mit ^{203}Pb an den komplexbildenden, funktionellen Gruppen markiert. Die Aldrich- und M42-HS zeigen in der SCA, im Gegensatz zu dreiwertigem Indium, eine Gleichverteilung des zweiwertigen Bleis auf alle Molekülgrößen der Huminsäuren bei pH 6. Die M42-HS zeigt im Vergleich zur Aldrich-HS (38,5 %) einen erhöhten mobilen Anteil von 85,2 % im Chromatogramm.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Fortführung der Sorptionsstudien an den Geomatrices Phyllit, Diabas und Granit mit Pb, Cu, und Hg
- Synthese und Aufarbeitung von trägerfreien Radioisotopen an der Universität Mainz und am Zentrum für Radiologie (Medizinische Hochschule Hannover), (^{160}Tb , ^{203}Pb , ^{203}Hg , ^{64}Cu)
- Bestimmung der Sorptionskoeffizienten für toxische Schwermetalle bei Anwesenheit geogener Kohlenstoffverbindungen
- Charakterisierung und Identifizierung der beteiligten reaktiven Kohlenstoffverbindungen mit der Methode der radioaktiven Doppelmarkierung (^{131}I , ^{64}Cu , ^{203}Pb , ^{203}Hg)

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

- A. Mansel et al., Sorptions- und Komplexierungsverhalten divalenter Schwermetalle (Cu, Pb) im System Schwermetall / geogene und anthropogene Kohlenstoffverbindungen / Geomatrix, 3. Leipziger Kolloquium / Isotope in den Geowissenschaften, 25. April 2002, Leipzig
- A. Mansel et al., Verwendung der Radioisotope ^{64}Cu , ^{203}Pb und ^{131}I im System Schwermetall / Huminsäure / Geomatrix, 10. Huminsäure-Workshop des BMBF/BMWi, 26. – 27. Juni 2002, Leipzig

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0710	
Vorhabensbezeichnung: Geochemisches Modell für Zn, Cd und Pb in salinaren Lösungen aus Abfalldeponien und Alt- und Umweltlasten			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2000 bis 30.06.2003		Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 895.131,99 EUR		Projektleiter: Dr. Hagemann	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Zur Beurteilung des langfristigen Verhaltens von schadstoffhaltigen Ablagerungen unter variablen geochemischen Bedingungen werden verlässliche Prognosemodelle benötigt. Ziel des Vorhabens ist die Schaffung einer breit anwendbaren thermodynamischen Datenbasis für die geochemische Modellierung von zink-, cadmium- und bleihaltigen Lösungen niedriger bis hoher Ionenstärke bei 25°C und für einen pH-Bereich zwischen 2 und 12. Dabei soll die Speziation der Metallionen in Lösung, insbesondere ihre ausgeprägte Neigung zur Bildung von Chloro- und Hydroxo- und Carbonatokomplexen berücksichtigt werden. Weiterhin werden die Eigenschaften von schwerlöslichen zink-, cadmium- und bleihaltigen Verbindungen untersucht und im Technikummaßstab hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit als langfristig wirksame Speicherminerale experimentell überprüft.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Ableitung einer abgesicherten Datenbasis für salinare Lösungen: Vervollständigung der Datenbasis zur Berechnung der chemischen und thermodynamischen Eigenschaften von Zink, Blei und Cadmium in wässrigen Lösungen
- Identifizierung effektiver Rückhaltemechanismen: Untersuchung der Eigenschaften (Zusammensetzung, Löslichkeitskonstanten) schwerlöslicher Verbindungen von Zn, Pb, Cd mit den Ionen Na, K, Mg, Ca, Cl, SO₄, PO₄, CO₃ und OH hinsichtlich ihrer Eignung zur Rückhaltung und langfristigen Fixierung
- Qualitätsgesicherte Dokumentation der gesammelten Daten und berechneten Parameter in einer standardisierten Form
- Überprüfung von Rückhaltemechanismen im Technikummaßstab: Durchführung von Säulen- und Batchversuchen zur Überprüfung der Anwendbarkeit des entwickelten thermodynamischen Parametersatzes. Hierbei wird die tatsächliche Wirksamkeit von "geochemischen Puffern" oder "Fängermineralen" hinsichtlich ihrer Rückhaltung von Pb, Zn und Cd aus schadstoffhaltigen Lösungen untersucht und mit den Modellierungsergebnissen verglichen.

3. Durchgeführte Arbeiten

Fortsetzung ramanspektroskopischer Untersuchungen zur Chlorokomplexbildung von Zink in Lösungen der Salze MgCl_2 , NaCl und KCl . (Unterauftrag Dr. Rudolph, Dresden). Isopiestiche Untersuchungen an cadmium- und zinkhaltigen Lösungen (Unterauftrag Dr. Rumjancev, St. Petersburg): $\text{CdSO}_4\text{-NaCl-H}_2\text{O}$, $\text{CdSO}_4\text{-KCl-H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4\text{-NaCl-H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4\text{-KCl-H}_2\text{O}$, $\text{CdSO}_4\text{-MgCl}_2\text{-H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4\text{-MgCl}_2\text{-H}_2\text{O}$ und $\text{ZnCl}_2\text{-ZnSO}_4\text{-H}_2\text{O}$ sowie $\text{CdCl}_2\text{-CdSO}_4\text{-H}_2\text{O}$. Fortführung der kritische Kompilation von Daten zur Chemie von Phosphat, Zink und Blei in basischen Lösungen. Löslichkeitsmessungen in den Systemen $\text{Pb-Mg-Cl-SO}_4\text{-H}_2\text{O}$. Weitere UV-Messungen an Lösungen der Systeme $\text{Pb-Na-Cl-OH-H}_2\text{O}$.

4. Ergebnisse

Faktoranalytische Trennung (evolving factor analysis) der bisher vorliegenden UV-Spektren von Bleichlorokomplexen in Einzelspektren. Quantifizierung der Komplexbildung in chloridischen Lösungen. Erstellung eines thermodynamischen Modells für die Speziation von Blei in chloridischen Lösungen.

5. Geplante Weiterarbeiten

Fortsetzung ramanspektroskopischer Messungen an Lösungen des Typs $\text{Cd-M-Cl-H}_2\text{O}$ sowie Zn-K-Cl mit Perchlorat als Tracer. Fortsetzung von Löslichkeitsmessungen in Systemen des Typs $\text{Pb, (Na/K) || (Cl/SO}_4\text{), OH-H}_2\text{O}$. Fortsetzung isopiestiche Messungen an cadmium- und zinkhaltigen Systemen. Fortsetzung UV-spektroskopischer Untersuchungen an Systemen des Typs $\text{Pb, (Na/K) || Cl, OH-H}_2\text{O}$. Untersuchung der Löslichkeit schwerlöslicher basischer Zink-, Cadmium- und Bleiverbindungen. Weiterentwicklung der Rechencodes zur Spektrentrennung, insbesondere zur Auswertung von Ramanspektren. Erste Versuche zur Rückhaltung von Zn, Cd, und Pb aus kontaminierten Wässern durch geeignete Zuschlagsstoffe.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: TU-Clausthal, Adolph-Roemer-Str. 2 A, 38670 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 C 0720
Vorhabensbezeichnung: Weiterentwicklung eines Prognosemodells zum Barriereintegritäts- und Langzeitsicherheitsnachweis für Untertagedeponien mit Berücksichtigung von Gefügeschädigung und Schädigungsverheilung auf der Grundlage der Continuum-Damage-Theorie		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 30.09.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 528.955,99 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Lux	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ein besonderer Teilaspekt des geforderten Sicherheitsnachweises für Untertagedeponien ist die Quantifizierung der zeitabhängigen Dichtigkeit des Verbundsystems „Querschnittsabdichtung-Salzgebirge“. Im Grubenraumbereich entwickeln sich mit der Standzeit zunehmende Gefüeauflockerungen im Salzgebirge. Andererseits kommt es zu einer Verheilung der Gefügeschädigungen im Bereich von Versatz oder Querschnittsabdichtungen. Diese beiden inversen Prozesse müssen gleichzeitig in der Nachweisführung berücksichtigt werden, da sonst eine entweder zu progressive oder aber eine zu konservative Einschätzung der Dichtigkeit erfolgen würde. Ziel des Vorhabens ist es auf der Grundlage von Laboruntersuchungen ein Stoffmodell zu entwickeln, mit dem die Gefügeschädigung und die Verheilung der Schädigung quantitativ beschrieben werden können. Die Validierung des Stoffmodells erfolgt durch numerische Nachrechnung von Versuchen an axialgelochten Modellprüfkörpern. Durch die exemplarische Anwendung des Stoffmodells auf geotechnische Barrieren (Querschnittsabdichtungen) ist beabsichtigt, die Kriterien zum Kriechbruchverhalten, zur Dauerstandsicherheit und zur Integrität von Steinsalz zu erweitern.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- a) Probennahme und Herstellung von Prüfkörpern
- b) Kurzzeitversuche an Vollprüfkörpern mit messtechnischer Erfassung der Dilatanz.
- c) Kriechversuche an Vollprüfkörpern mit messtechnischer Erfassung der Dilatanz
- d) Theoretische Entwicklung eines „Verheilungsmodells“ und Implementierung in das Programmsystem MISES 3
- e) Konstruktion und Aufbau eines Modellprüfstandes zur Durchführung von Dauerstandversuchen an axialgelochten Großbohrkernen unter besonderer Berücksichtigung der Prozesse „Schädigung“ und „Verheilung“
- f) Durchführung von Laborversuchen an axialgelochten Großbohrkernen
- g) Mikrogefügeuntersuchungen
- h) Zusammenfassende Bewertung der Ergebnisdaten und exemplarische Anwendung auf ausgeführte Beispiele.

3. Durchgeführte Arbeiten

- Teilaufbau des Modellprüfstandes: Installation und Prüfung des Messprogramms, erste Testversuche, Dichtheitsprüfung, voraussichtliche Fertigstellung in sechs Monaten angestrebt)
- Literaturstudium zu Stoffmodellen mit Schädigungs- und Verheilungsansätzen: besondere Berücksichtigung der Ermittlung von Stoffparametern und deren Ableitung aus Versuchsdaten
- Erarbeitung von Versuchsrandbedingungen und Verheilungsversuche: Ausarbeitung eines Versuchsprogramms für die Durchführung der zur Ermittlung der Stoffparameter erforderlichen Versuche
- Ertüchtigung bestehender Versuchsanlagen für die Durchführung von Verheilungsversuchen: erste Versuche wurden als Test gefahren, die Modifikationen am Prüfstand können als abgeschlossen betrachtet werden.

Wesentliches Merkmal eines Stoffmodells auf der Basis der Continuum-Damage-Mechanik (CDM) ist die Beschreibung der vor einem Materialversagen einsetzenden Gefügeschädigung. Durch die Erfassung der bei Überschreitung der Dauerfestigkeit einsetzenden Gefügeschädigung kann die zeitabhängige Tragfähigkeit bei Beanspruchungen zwischen Dauerfestigkeit und der Bruchfestigkeit quantifiziert werden. Der bei deviatorischer Entlastung eines geschädigten Materials einsetzende rekursive Prozess der Verheilung ist wesentlicher Forschungsgegenstand des Vorhabens. Ein Schwerpunkt der im Berichtszeitraum durchgeführten Arbeiten war eine Literaturrecherche und Literaturlauswertung bzgl. Stoffmodellen und Stoffmodellansätzen zur Charakterisierung der Verheilung. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde ein erster Ansatz für die Implementierung eines Verheilungsterms in das Stoffmodell Hou/Lux erarbeitet. Parallel zu den laufenden mathematisch-analytischen Arbeiten zur Programmierung des Verheilungsansatzes in das FEM-Programmsystem MISES wurden wesentliche Versuchsrandbedingungen und Messgrößen für die laborative Ermittlung der Verheilungsparameter aus Triaxialversuchen an Vollprüfkörpern festgelegt. Die Implementierung des Verheilungsansatzes erfolgte zunächst für Testberechnungen von in der Literatur gegebenen Parametern und Randbedingungen unter dem Betriebssystem UNIX in der Version MISES9 und wird nun Schritt für Schritt in die Version MISES12 unter Windows integriert. Weiterhin wurde ein Versuchsprogramm erarbeitet, in dem die notwendigen Messgrößen und die Bedeutung der Ergebnisse dargestellt wird. Neben der im Rahmen der Schädigungsmechanik bereits standardisierten Messungen der Volumendilatanz sind für die messtechnische Quantifizierung der Verheilung versuchsbegleitende Ultraschall- und Permeabilitätsmessungen erforderlich. Zur Realisierung derartiger Versuche wurden zwei Prüfanlagen des Instituts entsprechend ertüchtigt. Erste Testversuche der erweiterten Prüfanlagen wurden mit Erfolg durchgeführt, im wesentlichen sind die Modifikationen zur Ertüchtigung der vorhandenen Anlagen abgeschlossen.

Die Validierung des zu entwickelnden Stoffmodellansatzes zur Verheilung soll durch die Nachrechnung von unter definierten geometrischen kräftemäßigen und materialtechnischen Randbedingungen durchgeführten Versuchen an „Modelltragwerken“ erfolgen. Als Modelltragwerke sind axialgelochte Großbohrkerne vorgesehen. Gegenüber der Nachrechnung von in situ Bauwerken bieten sie die Möglichkeit, die Beanspruchungsrandbedingungen genau vorzugeben so dass mögliche Abweichungen zwischen Berechnungsergebnissen und Messergebnissen bei entsprechender Eignung des Stoffmodells weitgehend minimiert werden können (-> Minimierung von Imponderabilien). Mit dem Aufbau der Prüfanlagen wurde begonnen. Das Versuchssteuerungsprogramm wurde installiert und geprüft, weitergehende Tests zur Dichtheitsprüfung wurden vorgenommen, insgesamt wird angestrebt die Prüfstände für den nächsten Berichtszeitraum fertig zu stellen. Testversuche sind in Arbeit.

4. Ergebnisse

- Stoffmodellansatz Verheilung mit Implementierung in einer alten Version von MISES (noch unter Unix) und in Arbeit befindliche Implementierung in der aktuellen Version MISES12 unter Windows
- Teilaufbau Modellprüfstand, erste Testversuche
- Die messtechnische Ertüchtigung der Triaxialprüfstände (Ultraschall-/ Permeabilitätsmessung) ist weitestgehend abgeschlossen, erste Versuche konnten gefahren werden. Dabei handelt es sich um vierstufige Versuche, wobei die ersten beiden Laststufen ohne Schädigung gefahren werden und zur Ermittlung der Kriechparameter dienen, in der dritten Laststufe wird Schädigung induziert, die unter Aufbringung eines isotropen Beanspruchungszustandes in der vierten Laststufe wieder verheilt werden soll. Während der Laststufen werden kontinuierlich die Permeabilität und die Ultraschallwellengeschwindigkeit gemessen.
- Verifikationsberechnungen zum Verheilungsansatz: unter MISES9 wurde erste Funktionsberechnungen mit Stoffparametern und Randbedingungen aus der Literatur gemacht.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Durchführung von Laborversuchen an Vollprüfkörpern zur Quantifizierung der Verheilung
- Literaturstudium Stoffmodelle mit Verheilung unter besonderer Berücksichtigung der Auswertung von Versuchsergebnissen zur Ermittlung der relevanten Stoffparameter
- Erweiterung Stoffmodell Hou/Lux um Verheilungsansatz und Implementierung in MISES12 unter Windows. Testberechnungen

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: BGR, Stilleweg 2, 30631 Hannover		Förderkennzeichen: 02 C 0730
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt – Teilvorhaben 1: Gesamtprojektkoordinierung, geochemische Untersuchungen und Monitoring		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Altlasten in Bergschadensgebieten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 28.02.2002	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 28.02.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 105.485,65 EUR	Projektleiter: Dr. Knödel	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Risiken für die nachhaltige sozio-ökologische Entwicklung der Stadt Staßfurt ergeben sich aus vielfältigen geogenen und anthropogenen Belastungen. Im Vordergrund stehen Veränderungen im Gefolge des Kali-, Steinsalz und Braunkohlenbergbaus mit dramatischen Bergschadensfällen, fortdauernden Absenkungserscheinungen und Tagesbrüchen sowie Altlasten aus einer 140-jährigen Industriegeschichte. Ziel des Verbundvorhabens ist die interdisziplinäre Zusammenfassung, Analyse und Bewertung vorliegender Einzelergebnisse, die aufgabenbezogene Evaluierung von verfügbaren Methoden, Forschungsansätzen und Lösungen, die Durchführung ergänzender Untersuchungen und methodischer Tests sowie die Feststellung des weiteren Forschungs- und Handlungsbedarfs. Das Verbundvorhaben besteht aus 6 Teilvorhaben (TV). Die Arbeiten der BGR (TV 1) konzentrieren sich auf die Gesamtprojektkoordinierung, geochemische Untersuchungen und Monitoring. Verbundpartner sind

- TU Clausthal, Institut für Aufbereitung und Deponietechnik, Professur für Deponietechnik und Geomechanik, (TV 2)
- K-UTECH Sondershausen, Kali- und Umwelttechnik mbH, (TV3)
- Brandenburgische Technische Universität (BTU) Cottbus, Lehrstuhl für Umweltgeologie, Fakultät 4 (Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik), (TV 4)
- IHU Stendal, Gesellschaft für Ingenieur-Hydro- und Umweltgeologie mbH (TV 5) und
- Geophysik GGD Leipzig (TV 6).

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 6 Umweltgeochemische Bestandsaufnahme und exemplarische Analyse des Gefährdungspotentials am Deponiestandort "Concordia-Halde"
- AP 6.1 Umweltgeochemische Bestandsaufnahme im Stadtgebiet Leopoldshall
- AP 6.2 Analyse des Gefährdungspotentials am Deponiestandort "Concordia-Halde"
- AP 6.3 Bewertung des Gefährdungspotentials und Ableitung des evtl. Handlungsbedarfes zur Gefahrenabwehr

- AP 8.2 Geoelektrische Erkundung der Internstruktur der Concordia-Halde
- AP 8.3 Monitoring
- AP 10 Zusammenfassende Bewertung des Gefährdungspotentials sowie Ableitung des weiteren Handlungs- und ggf. Forschungsbedarfs

3. Durchgeführte Arbeiten

Im Rahmen der umweltgeochemischen Bestandsaufnahme (AP 6.1) wurden die geochemischen Daten mittels univariater statistischer Verfahren bearbeitet und in flächendeckenden geochemischen Karten der Gehaltsverteilungen ausgewählter Einzelelemente dargestellt. Die Einbeziehung des ATKIS-Landschaftsmodells ermöglicht die flächennutzungsbezogene Auswertung geochemischer Daten auf der Basis der Prüf- und Maßnahmewerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und deren Umsetzung in flächendeckende Karten. Die Monitoringversuche wurden fortgesetzt (AP 8.3). Die zusammenfassende Bewertung des Gefährdungspotentials sowie Ableitung des weiteren Handlungs- und ggf. Forschungsbedarfs (AP 10.) ist erfolgt. Der zusammenfassende Endbericht wurde erstellt.

4. Ergebnisse

Im Bereich der Concordia-Halde wurde eine detaillierte Beprobung der beiden Haldenkörper und ihres nahen Umlandes vorgenommen. Hinsichtlich der organischen Schadstoffe weisen die statistischen Maßzahlen zwischen den Proben der Concordia-Halde und des gesamten Stadtgebietes mit Ausnahme der PCDD/F nur unwesentliche Erhöhungen (PAK, MKW, AOX) auf. Kontrastreiche nutzungsbezogene Überschreitungen der Prüf- und Maßnahmewerte lassen sich nur für die Dioxine und Furane besonders am Ostrand der Halde sowie im zentralen Auffüllbereich zwischen den beiden Haldenkörpern nachweisen. Im nordwestlichen Umfeld wurden PAK- und MKW-Belastungen nachgewiesen. Prüfwertüberschreitungen für Benzo(a)pyren wurden nordwestlich der Halde sowie am süd- und östlichen Haldenrand lokalisiert. Cyanidbelastungen konnten in den Bodenproben nicht festgestellt werden. Nördlich und südlich der Bernburger Straße bildet sich ein Bereich erhöhter Cyanidgehalte ab.

5. Geplante Weiterarbeiten

Der zusammenfassende Endbericht zu allen Teilvorhaben liegt als Entwurf vor und wird mit dem PT, dem LAGB sowie allen Verbundpartnern abgestimmt.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Es liegen 21 Teilberichte vor.

Zuwendungsempfänger: Kali-Umwelttechnik GmbH, Am Petersenschacht 7, 99706 Sondershausen		Förderkennzeichen: 02 C 0750
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 3: Bergschadensbewertung, Geohydraulik und Sanierungsmaßnahmen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Altlasten in Bergschadensgebieten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 28.02.2002	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 28.02.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 214.341,22 EUR	Projektleiter: Dr. Seifert	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

- Gefahrenabwehr für Altlasten in Bergschadensgebieten mit Destabilisierungsvorgängen im Raum der Stadt Staßfurt
- Ingenieurgeologisch – bergmännische Bergschadensbewertung
- Geohydraulische Bewertung der tiefen Grundwasserleiter
- Darstellung der Möglichkeiten für eine Bergschadenssanierung mit neuentwickelten Baustoffen und Technologien
- Prüfung des Einsatzes fernerkundlicher Verfahren für die Beurteilung von Bergschadensentwicklungen im Raum der Stadt Staßfurt (Verbindung mit DLR – Projekt 50EE9911)
- Ableitung von lösungskinetischen Gesetzmäßigkeiten anhand der Daten des Flutungsprozesses 1973 – 1979 der Gruben an der NO-Flanke des Staßfurter Sattels

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 2 Fernerkundung zur Untersuchung von Subrosionserscheinungen und Destabilisierungsvorgängen
- Aufbereitung des Datenmaterials (hochauflösende Flugzeug- und Satellitendaten)
 - Datenbewertung mittels fernerkundlicher Methoden
- AP 3 Hydrogeologische Analyse der oberflächennahen Strömungsvorgänge und geohydraulische Beurteilung der tiefen Grundwasserleiter
- Aktualisierung des Kenntnisstandes, Datenrecherche
 - Darstellung der Möglichkeiten zur Ableitung von Strömungspotentialen
 - Definition der Parameterbereitstellung für eine geohydraulische Modellierung der tiefen Grundwasserleiter
 - Interpretation der hydrogeologischen und geohydraulischen Befunde hinsichtlich ihrer bergschadensrelevanten Wirkungen
 - Konzipierung weiterführender Untersuchungen (Geophysik, Bohrungen, u.a.)
 - Datenauswertung des Flutungsvorhabens (1973 – 1979) der Gruben an der NO-Flanke des Staßfurter Sattels

- AP 4 Ingenieurgeologisch – bergmännische Bergschadensbewertung
- Vertiefte Auswertung des Deformationsgeschehens an der Tagesoberfläche
 - Bewertung der latenten Bruchgefahr
 - Darstellung der Bedingungen für eine zu Tage gehende Bruchentwicklung
 - Aktualisierung der Vernässungsprognose
- AP 9 Sicherungs- und Sanierungstechnologien
- Untersuchung der technischen Anforderungen für den Einbau salinärer Baustoffe in die Hohlräume des Untergrundes
 - Untersuchung des Baustoffverhaltens (Penetrierfähigkeit, Unterschichtungsvermögen, u.a.) im Technikummaßstab
 - Weiterentwicklung von Mörtelsystemen salinärer Baustoffe
 - Konzeption eines Kontroll- und Überwachungssystems zur Überprüfung des Erfolges der Sanierungsmaßnahmen

3. Durchgeführte Arbeiten

- Aufbereitung von Tagesbruchdaten zur Ableitung von Modellvorstellungen hinsichtlich der Bewertung der latenten Bruchgefahr im Stadtgebiet Staßfurt
- Auswertung von Daten zum Flutungsprozess der Kali- und Steinsalzgruben an der NO-Flanke des Staßfurter Sattels
- Berichtserarbeitung und Ergebnisdarstellung zu den Themen Bergschadensbewertung, Geohydraulik, Lösungsentwicklung und Sanierungsmaßnahmen des Untergrundes

4. Ergebnisse

- Nachweis der Tauglichkeit des Laserscanverfahrens für ein Bergschadensmonitoringsystem
- Beschreibung der Bedingungen für die Bildung von Tagesbrüchen im Kali- und Salzbergbau in steiler Lagerung

5. Geplante Weiterarbeiten

- Mitwirkung bei der zusammenfassenden Ergebnisdarstellung

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Im einzelnen wurden folgende Bericht erarbeitet:

- Sicherungs- und Sanierungstechnologien (Zwischenbericht)
- Modellvorschläge zur weiteren Untersetzung des Themas Sicherungs- und Sanierungstechnologien
- Bewertung der latenten Bruchgefahr – Ableitung von Modellvorstellungen
- Fernerkundung zur Untersuchung von Subrosionserscheinungen und Destabilisierungsvorgängen
- Beurteilung der tiefen Grundwasserleiter im Bergschadensgebiet Staßfurt
- Ingenieurgeologisch-bergmännische Bergschadensbewertung

Zuwendungsempfänger: Brandenburgische TU Cottbus, Universitätsplatz 3-4, 03013 Cottbus		Förderkennzeichen: 02 C 0760
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 4: Thermodynamische Modellierung, Abdichtsysteme von Altablagerungen, Gesamtbewertung Gefährdungspotential		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Altlasten in Bergschadensgebieten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 28.02.2002	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 28.02.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 166.131,51 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Voigt	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Auswirkungen der bergbaulichen Tätigkeiten und die Altablagerungen der verschiedenen Industriezweige stellen die Stadt Staßfurt vor eine Vielzahl von Problemen.

Die Ziele dieses Teilvorhabens sind, anhand einer thermodynamischen Modellierung der Lösungsvorgänge im Salz- und Deckgebirge Gebiete mit potentiell erhöhtem Subrosions/Auslaugungs- und damit Senkungsgefährdungspotential auszuweisen, die Altablagerungen im Stadtgebiet Staßfurt hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials zu bewerten und, daraus abgeleitet, Sicherungs- bzw. Sanierungsmaßnahmen abzuleiten. In Zusammenarbeit mit der BGR erfolgt eine zusammenfassende Bewertung des Gefährdungspotentials sowie Ableitung des notwendigen Handlungs- und Forschungsbedarfs basierend auf den Ergebnissen der einzelnen Teilvorhaben der beteiligten Projektpartner.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 7 Thermodynamik der Lösungsvorgänge im Salz- und Deckgebirge
 - AP 7.1 Datenrecherche
 - AP 7.2 Vorbereitung der Daten auf die Programmsysteme
 - AP 7.3 Klärung der hydrodynamischen und hydrogeochemischen Randbedingungen
 - AP 7.4 Thermodynamische Modellierung
 - AP 7.5 Gefährdungsabschätzung
- AP 9.2 Abdichtung von Halden und Deponien in senkungsgefährdeten Gebieten
 - AP 9.2.1 Studie der international verwendeten Barriersysteme für Basis- und Oberflächenabdichtungen
 - AP 9.2.2 Bewertung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Altablagerungen bezüglich ihres Emissionspotentials
 - AP 9.2.3 Maßnahmenkatalog für die Abdichtung von Halden und Deponien in senkungsgefährdeten Gebieten nach Standortklassen
- AP 10 Zusammenfassende Bewertung des Gefährdungspotentials sowie Ableitung des notwendigen Handlungs- und Forschungsbedarfs (in Zusammenarbeit mit der BGR)

3. Durchgeführte Arbeiten

AP 10:

Der Abschlussbericht zum Verbundvorhaben wurde in einer zusammenfassenden kompakten Form von der BGR in Zusammenarbeit mit der BTU Cottbus, Lehrstuhl Umweltgeologie erstellt und beinhaltet die wichtigsten Zielstellungen, Untersuchungsmethoden und -ergebnisse der 25 Teilberichte aller Verbundpartner. Es erfolgte eine zusammenfassende Bewertung des Gefährdungspotentials einschließlich der Ausweisung des notwendigen Handlungs- und Forschungsbedarfs.

Die verschiedenen Risikofaktoren für die Flächennutzung in der Stadt Staßfurt wurden zusammenfassend in einer Karte dargestellt und einer flächenhaften Analyse unterzogen.

4. Ergebnisse

AP 10:

Die aktuellen und potentiellen Risikofaktoren für die Flächennutzung im Untersuchungsgebiet lassen sich drei Problemkreisen zuordnen:

- Mechanische Instabilitäten,
- Vernässungen und Überschwemmungen,
- Anthropogene und geogene Belastungen.

Diese Gefährdungen stehen teilweise in Wechselwirkung miteinander und können sich bei einer Überlagerung verstärken.

Das Gesamtgefährdungspotential lässt sich standortspezifisch nach folgenden Kriterien differenzieren:

- Bereiche mit Überlagerung mehrfacher Risiken, die miteinander wechselwirken und sich verstärken können,
- Bereiche einzelner Risiken,
- Bereiche ohne derzeit erkennbares Risiko.

Zwischen diesen genannten Bereichen sind Übergänge möglich.

Aus der Überlagerung der räumlichen aktuellen und potentiellen Gefährdungsbereiche ergeben sich Zonen mit modifiziertem Handlungsbedarf, Nutzungsbeschränkungen und Nutzungsempfehlungen.

5. Geplante Weiterarbeiten

Projektende, Mitarbeit bei der Erstellung des zusammenfassenden Abschlussberichts

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: IHU Geologie und Analytik Gesellschaft für Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH, Dr. Kurt-Schumacher-Straße 23, 39576 Stendal		Förderkennzeichen: 02 C 0770
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 5: Struktur- und hydrogeologische Analyse im Bergschadensgebiet Staßfurt - Entwicklung hydraulischer Sicherungs- und Sanierungskonzepte		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Altlasten in Bergschadensgebieten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 28.02.2002	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 28.02.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 250.458,88 EUR	Projektleiter: Dr.-Ing. Lauterbach	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben hat das Ziel, anhand einer detaillierten strukturgeologischen und hydrogeologischen Analyse des Stadtgebietes von Staßfurt und seiner Umgebung Lösungen zu finden, die eine möglichst sichere Entwicklung der Stadt und ihres Umfeldes ermöglichen. Vorrangig sollen solche Lösungen gefunden werden, die anthropogen verursachte Subrosionsvorgänge reduzieren und auf die langfristig angelegte Sanierung der Bergschäden einschließlich ihrer Ursachen orientieren.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Untersuchungsprogramm wird entsprechend den Vorhabenszielen in mehrere Arbeitspakete untergliedert, die vorerst relativ selbständig bearbeitet werden und in einer späteren Bearbeitungsetappe zu einer Synthese zusammengeführt werden. Folgende Arbeitspakete werden ausgehalten:

- **Strukturgeologische Analyse des für die Gefahrenabwehr relevanten Gebietes**
In diesem Paket wird der Kenntnisstand zur Strukturgeologie aktualisiert. Es wird ein Geographisches Informationssystem eingerichtet. Die Daten werden ausgewertet, aus Erkenntnissen zur Strukturgenese des Bearbeitungsgebietes werden Schlussfolgerungen für die nachhaltige Entwicklung abgeleitet.
- **Hydrogeologische Analyse der oberflächennahen Strömungsvorgänge**
In einer Recherche der oberflächennahen hydrogeologischen Verhältnisse wird der Kenntnisstand ermittelt, die Daten werden in einem Geographischen Informationssystem erfasst (Grundwassermessstellen, Spiegelmessungen, Hydrochemie, Kartographie). Aus der Gesamtschau ergeben sich Ableitungen für die Bearbeitung des Gesamtprojektes.

- **Hydraulische Sicherung und Sanierung**
Nach einer Aktualisierung des Kenntnisstandes werden die Auswirkungen der Wasserhaltung auf die Stadtentwicklung untersucht und im Komplex mit geologischen und geotechnischen Gegebenheiten ausgewertet.
- **Interdisziplinäre Auswertung**
Struktur- und hydrogeologische Ergebnisse sind mit den Untersuchungen zur Wasserhaltung und den Ergebnissen der übrigen Teilvorhaben zu verknüpfen und im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Gefahrenabwehr auszuwerten. Weitere Maßnahmen sind daraus abzuleiten.

3. Durchgeführte Arbeiten

- Weiterführung der geologischen und hydrogeologischen Recherchen
- Bearbeitung der Quartärgeologie im Untersuchungsgebiet
- Ingenieurgeologisch-bergmännische Schadensbewertung des Senkungsgebietes

4. Ergebnisse

- Fertigstellung des Berichtes zur quartärgeologischen Bearbeitung des Stadtgebietes
- Fertigstellung des Berichtes zur Vernässungsprognose für das Stadtgebiet Staßfurt im Rahmen der ingenieurgeologisch-bergmännischen Schadensbewertung (gemeinsam mit Partner Kali-Umwelttechnik Sondershausen)

5. Geplante Weiterarbeiten

- Zuarbeit zum Abschlussbericht und zur Ableitung weiterer Maßnahmen (Federführung BGR und BTU Cottbus)

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Materialforschungs- und prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar, Amalienstraße 13, 99404 Weimar		Förderkennzeichen: 02 C 0800
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung eines Messsystems zur Feuchtemessung in Bentonit-Abschlussbauwerken in salinärer Umgebung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2000 bis 31.10.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 562.844,93 EUR	Projektleiter: Dr.-Ing. Kupfer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Messung der Feuchteverteilung in geotechnischen Barrieren von Untertagedeponien ist zur Bewertung des statischen Zustandes, für nicht bestimmungsgemäße Entwicklung von Lösungszutritten, aber auch zur Datenerfassung für Langzeitsicherheitsanalysen erforderlich. Das Vorhaben hat die Entwicklung eines dielektrischen Messsystems zur Feuchtebestimmung in Bentonit-Abschlussbauwerken zum Ziel. Es erfolgen Untersuchungen der dielektrischen Eigenschaften von Bentonit, Modellberechnungen zur Messmethode, Konzeption und Entwicklung der Messsysteme für Zeit- und Frequenzbereich, Versuche zur Detektion von Feuchtefronten in Bentonit unter dem Einfluss von Druck, Wasser und salinärer Umgebung sowie der Test der Sensoren in halbtechnischen, realitätsnahen Versuchen. Mit Feldsimulationen und Prognosemodellen sollen Aussagen zum Langzeitverhalten unterstützt werden. Mit dem Messverfahren soll die Dichtheit von Abschlussbauwerken kontrolliert oder das Fortschreiten von Feuchtefronten signalisiert werden. Der Einsatz kann auch als implantierte Sensoren im Bauwesen erfolgen. Neue Entwicklungen sollen als Patente eingereicht und über Lizenzverträge interessierten Unternehmen zur Verfügung stehen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Konzeption der Messsysteme für Zeit- und Frequenzbereich, Versuchsplanung
- AP2: Materialuntersuchungen von verschiedenen Bentonitmaterialien unter Laborbedingungen
- AP3: Modellberechnungen zur Entwicklung einer Messmethode
- AP4: Entwicklung eines TDR-Messsystems
- AP5: Messungen im Frequenzbereich
- AP6: Detektion von Feuchtefronten
- AP7: Test der Kabelsensoren in halbtechnischen Versuchen unter realitätsnahen Bedingungen
- AP8: Prognosemodell (für Feuchteausbreitung im Dichtelement)

3. Durchgeführte Arbeiten

- AP3: Feldsimulation der konzipierten Kabelsensoren im Frequenz- und Zeitbereich mit der Struktursimulations-Software HFSS (High Frequency Structure Simulator) an Bentonit-Sand-Gemischen mit unterschiedlichen Feuchte- und Salzgehalten unter Berücksichtigung ihrer frequenzabhängigen komplexen Dielektrizitätskonstanten, die mit dem Netzwerkanalysator HP8720D, der Koaxialsonde und der Messleitung 7/16/100mm sowie der Materialsoftware HP85070C und HP85071C gemessen wurden.

- AP4: Untersuchungen zum Temperaturverhalten der TDR-Messleitung einschließlich des Zuführungskabels und zur Reproduzierbarkeit der Messwerte bei Temperaturänderungen. Erarbeitung von Messmethoden und Kalibrieralgorithmen für eine dichteunabhängige (druckunabhängige) Feuchtebestimmung mit TDR-Messleitungen. Entwicklung eines mathematischen Verfahrens zur schnellen und genauen Auswertung der TDR-Messsignale.
- AP5: Experimentelle Untersuchungen zum Temperatur- und Salzeinfluss auf das TDR-Messsignal an Bentonit-Sand-Gemischen mit unterschiedlichen Feuchtegehalten sowie Messungen der dielektrischen Eigenschaften von Bentonitproben (Formsteine) im höherfrequenten Bereich mit Mikrowellenresonatoren und deren Zuordnung zu den gravimetrisch bestimmten Feuchte- und Dichtewerten der Proben. Die Bentonitproben stammen vom Rückbau der Verschlussbauwerke aus den Kalischächten Salzdetfurth und Sondershausen.
- AP6: Detektion der Ausbreitung einer Feuchtefront längs der TDR-Messleitung in einem simulierten Verschlussbauwerk (binäres Gemisch aus Bentonitpresslingen und -granulat mit einer Einbaudichte von $1,62\text{g/cm}^3$ im 20 cm dicken und 55 cm langen Rohr des Bentonithochdruckversuchsstandes der MFPA Weimar).
- AP7: Optimierung der TDR-Messkabel für die Technikumsversuche an der TU Bergakademie Freiberg.

4. Ergebnisse

- AP3: Simulation und Labormessungen zeigen gute Übereinstimmungen. Damit kann die Variationsbreite der zeit- und materialaufwendigen Laborversuche minimiert werden.
- AP4: Während der Temperatureinfluss auf die eigentliche Messleitung vernachlässigbar gering ist, kann die Temperaturabhängigkeit des Zuführungskabels durch geeignete Rechenverfahren bei der TDR-Messsignalauswertung kompensiert werden.
- AP5: Die zeitliche Verschiebung der Impulsantwort des TDR-Signals ist proportional der Temperatur und die Steilheit der Impulsantwort ist eine Funktion der elektrischen Leitfähigkeit, deren Wert wiederum von Salinität und Feuchte der Probe abhängt.
- AP6: Aus dem zeitlichen Verlauf des TDR-Messsignals kann eine genau Ortsauflösung der Feuchtefront sowie eine integrale, quantitative Feuchtebestimmung hergeleitet werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

- AP3: Überprüfung des Modells der dichteunabhängigen Feuchtebestimmung durch Vergleiche mit den experimentellen Untersuchungsergebnissen.
- AP5: Vergleichende Messungen im Zeit- und Frequenzbereich sowie Konzeption eines Messsystems im Frequenzbereich.
- AP6: Detektion von Feuchtefronten und Bestimmung der Feuchte unter dem Einfluss von hochkonzentrierter NaCl-Lösung im Bentonithochdruckversuchsstand.
- AP7: Technikumsversuche an der TU Bergakademie Freiberg.
- AP8: Entwicklung numerischer Modelle zur Beschreibung des Aufsättigungsvorgangs im Bentonitdichtelement.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH (FZK), Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen		Förderkennzeichen: 02 C 0810
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung eines Messsystems zur Feuchtemessung in Bentonit-Abschlussbauwerken in salinärer Umgebung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2000 bis 31.10.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 151.546,40 EUR	Projektleiter: Dr. Brandelik	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Messung der Feuchteverteilung in Barrieren von Untertagedeponien ist für den statischen Zustand, für nicht bestimmungsgemäße Entwicklung von Lösungszutritten aber auch zur Datenerfassung für Langzeitanalysen erforderlich. Das Projektziel ist die Entwicklung eines dielektrischen Feuchtemesssystems. Eigenschaften des Bentonits werden ermittelt, Modellrechnungen der Messmethode aufgestellt (im Zeit- und Frequenzbereich), Versuche zur Detektion der Feuchtefronten in Bentonit aufgebaut. Der Einsatz der entwickelten Sensoren soll in halbtechnischen, realitätsnahen Versuchen getestet werden.

Das Vorhaben wird in Kooperation und in enger Abstimmung mit den Arbeiten der MFPA Weimar im BMBF-geförderten FuE-Vorhaben mit dem Förderkennzeichen 02 C 0800 ausgeführt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Vorhaben 02 C 0800 und 02 C 0810 umfassen folgende Arbeitsprogramme:

- AP 1: Konzeption von Messsystemen für Zeit- und Frequenzbereich, Versuchsplanung
- AP 2: Materialuntersuchungen von verschiedenen Bentonitmaterialien unter Laborbedingungen
- AP 3: Modellberechnungen zur Entwicklung einer Messmethode
- AP 4: Entwicklung eines TDR-Messsystems
- AP 5: Messungen im Frequenzbereich
- AP 6: Detektion von Feuchtefronten
- AP 7: Test der Kabelsensoren in halbtechnischen Versuchen
- AP 8: Prognosemodell für Feuchteausbreitung im Dichtelement

3. Durchgeführte Arbeiten

Nach der Entwicklung eines TDR-Messsystems (AP4) und der Untersuchung an Messsonden, betrieben mit dem Kabeltester (TDR-Messgerät) Tektronix 1502B, wurde das Arbeitspaket Detektion von Feuchtefronten (AP6) angegangen. Der im letzten Berichtszeitraum beschriebene Versuch in dem Druckbehälter von 0,8 m Durchmesser und 1,8 m Höhe in der Bergakademie Freiberg wurde fortgesetzt und die Salzlösung mit zunehmendem Druck eingepresst, um das weitere Verhalten der Bentonitschichtungen zu erfassen. Nach Abschluss des ersten Versuchs wurde ein weiterer Test der Kabelsensoren in einem halbtechnischen Versuch mit folgender Schichtung durchgeführt:

1. Gemisch aus Schotter, Kies und Split zur Verbesserung der Wasserverteilung (0,2 m Mächtigkeit), zur besseren Wasserverteilung mit einem Vlies (Geotextil) abgedeckt,
2. Calcigel-Schicht (0,25 m),
3. Sandschicht (0,10 m),
4. Calcigelschicht (0,25 m),
5. zweite Sandschicht (0,10 m),
6. Calcigelschicht (0,5 m),
7. darüber Schotterschicht zur Abdeckung.

Alle Bentonitschichten (Calcigel) bestehen aus einem Gemisch von groben Kiesen und Granulat mit einer minimalen Dichte von $1,6 \text{ g/cm}^3$. In diesem Versuch ist die Verdichtung der Bentonitschichten höher und homogener. Die Anordnung der Kabel ist gegenüber dem ersten Versuch geändert. Die Sandschichten sind dicker (10 cm) ausgeführt, um sie deutlicher aus dem TDR-Signal herauszuheben. Die Enden der Sensoren liegen noch in der Bentonitschicht, wodurch ein zusätzlicher Dichteffekt erwartet wird. Der Druckbehälter wurde von unten mit Salzlösung (250 g NaCl pro 1 l Wasser) beginnend mit etwa 1 bar und stufenweiser Druckerhöhung bis 70 bar beaufschlagt.

4. Ergebnisse

Die TDR-Antwort eines beidseitig anschließbaren Sensorkabels (2,5 m lang) aus dem ersten Versuch zeigt, dass Dichteunterschiede und Einbauqualität des Sensors erfasst werden. Eine Struktur des Signals wird als Schichtung der Bentonitmischungen aus groben Kissen und feinem Granulat erklärt. Die unterschiedlichen Dichten der beiden Anteile zusammen mit luftgefüllten Hohlräumen führen zu Signalschwankungen auf dem TDR-Signal. Die örtliche Auflösung liegt bei Sensorlängen bis 1,25 m unter 5 cm. Mit zunehmender Erhöhung des Wasserdruckes erfolgen Durchbrüche entlang der Kabel auch an den Sensoren, die anfangs dicht erschienen. Nach dem Ausbau des Füllmaterials zeigte sich, dass der Bentonitkörper oberhalb der unteren Sandschicht trocken war, nur an den Grenzschichten war Feuchtigkeit eingedrungen.

Die Ergebnisse belegen, dass der Wasseranstieg entlang der Kabel eindeutig verfolgt werden kann. Im folgenden Versuch mit hoher Verdichtung der Bentonitschichtungen, auch entlang der Sensorkabel, Salzgehalt 250 g/l, langsamer Druckanstieg mit Pausen war die Dichtheit des Systems bis zu Drücken von 70 bar gegeben. Die Feuchtefront dringt langsam vor, bis sie bei einem Druck von etwa 40 bar in der Region der unteren Sandschicht stehen bleibt. Die langsame Abweichung von der trockenen Kurve (im Gegensatz zu Versuch 1) zeigt außerdem, dass der Übergang vom trockenen Material zum gesättigten Material in einem schmalen Bereich von etwa fünf bis acht Zentimeter verläuft.

Damit ist die Anwendung des TDR-Messsystems für die Überwachung in Bentonit-Abschlussbauwerken in salinärer Umgebung nachgewiesen. Bei entsprechender Bauweise ist die Wasserwegigkeit entlang der Kabel nicht gegeben. Mit der U-förmigen Verlegung der Sensoren wird eine Redundanz des Messsystems erreicht. Bei Ausfall eines Anschlusskabels kann immer noch von der anderen Seite gemessen werden. Die Auflösung hins. der Feuchtefront ist bei etwa zwei Meter Sensorlänge besser als zehn Zentimeter.

5. Geplante Weiterarbeiten

Nach dem Rückbau des Versuches werden die Absolutkalibrationen durchgeführt. Mit dem Abschluss des AP7 sollen die Ergebnisse mit denen von Kupfer/Weimar zu einem Abschlussbericht zusammengeführt werden.

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

Die Patentanmeldung Nr: 10149972.8, *Verschlussstopfen und Verfahren zum Verschließen von untertägigen Hohlräumen*, das Bezug zum FuE-Vorhaben hat, wurde erteilt.

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: TU-BAF, Akademiestr. 6, 09596 Freiberg		Förderkennzeichen: 02 C 0820
Vorhabensbezeichnung: Zeitliche Veränderungen der Ausdehnung und der hydraulischen Eigenschaften von Auflockerungszonen um Hohlräume in Gesteinen mit visko-plastischen Eigenschaften		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2001 bis 31.03.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 403.335,04 EUR	Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Häfner	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben hat als Ziele:

- Die Bestimmung der Ausdehnung von Schutzschichten um mit Gas beladene Hohlräume.
- Die Bestimmung der Permeabilität und Porosität in der Schutzschicht und außerhalb dieser, sowie die Bestimmung des Porenraumdruckes im Salzgestein und des Gasgehaltes des Salzgesteins.
- Bestimmung des Spannungszustandes in den Bereichen der Versuchsbohrungen sowie die Bestimmung der geomechanischen Eigenschaften des Sylvinites, um den Einfluss des Spannungszustandes auf die Strömungskennwerte zu erkennen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1 Festlegung der Versuchsbedingungen, der Versuchsorte und Prüfmedien
- AP 2 Versuchs- und Messtechnik
- AP 3 Theoretische Modelle
- AP 4 Durchführung der Messungen
- AP 5 Ergebnisanalyse, Endauswertung
- AP 6 Berichte

3. Durchgeführte Arbeiten

Untersuchungsprogramm entsprechend AP 1 – 7:

- Weitere Tests einer Versuchsausrüstung zur In-situ-Bestimmung des Gasgehaltes von Salzgesteinen.
- Begleitende Durchführung von In-situ-Messungen zur Ermittlung des veränderlichen Sylvinitgehaltes in Testbohrungen.
- Bohren aller Sylvinitkerne zur Bestimmung der geomechanischen Eigenschaften.

- Bestimmung der Permeabilität des Salzgestein in Abhängigkeit vom Abstand zum Stoß.
- Versuche im Steinsalz und Sylvinit mit Stickstoff als Prüfmedium und bei Zufluss von natürlich gesättigtem CO₂.
- Durchführung eines Langzeitversuches zur Bestimmung der Permeabilität im Steinsalz bei mehr als 5m vom Stoß.
- Relaxationsversuche an Bohrkernen von Sylvinit.
- Entwicklung eines Interpretationsverfahrens für zeitabhängige Permeabilität im Packerbereich der Testausrüstung.

4. Ergebnisse

- Die ermittelten Permeabilitätswerte zeigen, dass die Permeabilität in Steinsalz in 2m Entfernung vom Stoß und für Sylvinit ca. in 5m Entfernung für praktische Verhältnisse Null ist.
- Die Permeabilitätsmessungen zeigen, dass sich die Permeabilität der Auflockerungszone um die Bohrung im Packerbereich infolge des Packerdruckes mit der Zeit reduziert.
- Eine Langzeitmessung im Steinsalz zeigte bei mehr als 5 m Entfernung vom Stoß nach mehreren Monaten Messzeit keinen Druckabfall ($k < 1 \cdot 10^{-25} \text{ m}^2$)
- Die Versuchsausrüstung zur In-situ-Bestimmung des Gasgehaltes von Salzgesteinen erlaubt es, den Gasgehalt des Gesteins während des Bohrprozesses zu bestimmen. Die bisher durchgeführten Bohrversuche im Sylvinit zeigten während des Bohrens einen nachweisbaren jedoch nicht messbaren Gaszufluss. Packerteste zeigten jedoch über einen längeren Zeitraum CO₂-Zuflüsse. Das Auftreten dieses CO₂-Zuflusses korreliert eindeutig mit dem K₂O-Gehalt des Salzgesteins.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Permeabilitätsmessungen unter Spannung an Bohrkernen aus Sylvinit.
- Durchführung von Spannungssondierungen mit der Schlitzsonde in Bohrungen im Sylvinit.
- Interpretation der Schlitzsondenmessungen.
- Fracuntersuchungen zur Bestimmung der minimalen Hauptnormalspannung um diesen Versuchsort, im Bereich der Versuchsbohrungen zur Durchlässigkeitbestimmung.
- Interpretation der Druckanstiegsmessungen mit einem natürlichem CO₂-Zufluss.
- Durchführung weiterer Durchlässigkeitsversuche an Versuchsorten, sowohl in der Sylvinitlage, als auch im Steinsalz mit Stickstoff als Prüfmedium und mit natürlichem CO₂-Zufluss.
- Logs in Bohrungen zur jeweiligen Bestimmung des K₂O-Gehalt des Salzgesteins.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0830	
Vorhabensbezeichnung: Weiterentwicklung eines selbstverheilenden Salzversatzes als Komponente im Barriersystem Salinar			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten			
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2000 bis 31.03.2003		Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.278.904,58 EUR		Projektleiter: Dipl.-Geol. Kull	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Weiterentwicklung von selbstverheilendem Salzversatz (SVV) für die Abdichtung von Strecken in Untertagedeponien baut auf den Erkenntnissen des Vorhabens 02 E 9047 auf. Ziel des Vorhabens ist es, die im Labormaßstab ermittelte hohe abdichtende Wirkung des SVV's und seine hohe mechanische Stabilität in situ zu überprüfen. Das Versuchskonzept dazu beinhaltet ein Labor-, ein In-situ- und ein Modellierungsprogramm. Im Zuge der Optimierung der Mineralmischung durch Variation der Zuschlagstoffe werden die mechanischen Eigenschaften sowie die Entwicklung der Kristallisationsdrücke im eingespannten Zustand und für unterschiedliche Kompaktionsdichten im Labor ermittelt. Unter Einbeziehung relevanter Belastungsszenarien werden die Reaktionspfade (EQ 3/6) und die mechanischen Auswirkungen (Ansys) auf die Versatzintegrität modelliert. Auf der Grundlage von vorlaufenden Technikumsversuchen wird dann die abdichtende Wirkung einer SVV-Mischung gegenüber Lauge in situ in Großbohrlöchern getestet. Vorgesehen ist die Durchführung von drei Versuchen in ca. 15 m langen und ca. 50 cm großen Bohrlochern im Forschungsbergwerk Asse bei Remlingen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das FuE-Vorhaben wird durch nachfolgende Arbeitsschritte beschrieben:

AP1: Laborarbeiten

- Ermittlung mechanischer (Kristallisationsdruck, Poissonzahl, E-Modul, Kriechverhalten), geochemischer (Mineralparagenesen, Lsg.-Dichten), hydraulischer (Permeabilität, Porosität) Parameter, thermischer (Kalorimetrie) und struktureller (Tomografie) Eigenschaften von SVV.
- Optimierung von SVV-Mischungen durch Variation der Zuschlagstoffe und Schüttdichten

AP2: Modell

- Entwicklung relevanter Belastungsszenarien und von Modellen zur Beschreibung der geochemischen Reaktionspfade sowie des mechanischen Verhaltens von SVV

AP2: in situ

- Durchführung von Versuchen im Technikums- und In-situ-Maßstab zur Belegung der Wirkungsweise und der Anwendungsmöglichkeiten von SVV

3. Durchgeführte Arbeiten

Es wurden ein Handhabungs- und ein Upscaling-Versuch in 4 m langen und 40 cm durchmessenden horizontal gelagerten Druckrohren durchgeführt. In den Versuchen wurde MgSO_4 , wasserfrei und eine $\text{MgSO}_4 / \text{KCl}$ - Mischung mit MgCl_2 - bzw. NaCl - Lauge geflutet. Im Handhabungsversuch wurden die Verfülltechnik und die Instrumentierung getestet. Während der Laugeninjektion wurden in dem mit MgSO_4 -besetzten Druckrohr der Lösungsdruck, die Reaktionstemperatur, die mechanischen Auswirkungen der Volumenexpansion (Kristallisationsdruck) und die zeitliche Migration der Laugenfront beobachtet. Zwei 15-m-lange horizontale Großbohrlöcher wurden mit entsprechenden Materialmischungen besetzt und für die Laugeninjektion vorbereitet.

4. Ergebnisse

Im Handhabungsversuch wurde durch Verblasen des Versatzmaterials eine lockere Schüttung mit einer Porosität $\phi > 50 \%$ erreicht. Das Nachsetzen des Materials führte zu einem ca. 1 cm breiten Firstspalt. Die Temperaturen bei der Reaktion der Lauge mit der festen Phase lagen im Maximum bei $49 \text{ }^\circ\text{C}$ (Umgebungstemperatur $34 \text{ }^\circ\text{C}$). Thermografische Aufnahmen der Rohroberfläche und die Ermittlung der elektrischen Leitfähigkeit im Versatz weisen auf einen axial und vertikal gestaffelten Reaktionsablauf mit zonarem Aufbau der hydraulisch abdichtenden Bereiche hin. Die über die Verformung des Druckrohres ermittelte mechanische Auswirkung der Mineralneubildung deutet ebenfalls auf eine heterogene Verteilung dieser Bereiche hin. Die höchsten radialen Kristallisationsdrücke, gemessenen über eingebaute Druckkissen, lagen unterhalb von 5 MPa und damit unter den bisher im Labormaßstab ermittelten Werten ($> 12 \text{ MPa}$). In beiden Druckrohrversuchen reichte die Länge von 4 m nicht aus einen stabilen dichten Stopfen aufzubauen. Die anhaltende Volumenexpansion führte dagegen zu einer axialen Ausdehnung der Reaktionssäule über das offene Ende des Druckrohres hinaus. Nach einsetzender Abdichtung brach der auf über 1 MPa bzw. 3,6 MPa angestiegene Injektionsdruck wiederholt ein, was auf die bereits in den Vorversuchen festgestellte Bildung von bevorzugten Wegsamkeiten innerhalb der Stopfenbereiche zurückgeführt werden muss.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Upscaling - Versuche in horizontalen Großbohrlöchern
- Nachbeprobung der Rohrversuche
- Laborversuche mit der Ermittlung mechanischer Kennwerte
- EQ 3/6-Modellierung der Festphasenbildungen

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

HERBERT, H.J., KULL, H. & SANDER, W.: GRS - Informationsveranstaltung "Selbstverheilender Versatz SVV", 15. März 2002, Forschungsbergwerk Asse / Remlingen, (Vortrag).

Zuwendungsempfänger: TU-Clausthal, Adolph-Römer-Straße 2 A, 38670 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 C 0841
Vorhabensbezeichnung: Herkunft und Migration mineralgebundener Gase in marinen Evaporiten		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2001 bis 31.12.2004	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.097.222,15 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Mengel	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Gesamtziel des Vorhabens ist, auf der Grundlage isotopengeochemischer Prozesse Kenntnisse über die natürlich in marinen Evaporiten vorkommenden mineralgebundenen Gase hinsichtlich ihrer Herkunft und ihres Migrationsverhaltens zu gewinnen. Aus dieser Erkenntnis zu natürlichen Gasen wird sich die Aussagesicherheit für das Verhalten von Gasen, die bei der Einlagerung von Abfällen in Evaporiten freigesetzt werden oder entstehen können, deutlich verbessern. Erstes Teilziel ist, eine Methode zur Anwendungsreife zu bringen, die in der Lage ist, die teilweise geringen mineralgebundenen Gasmengen hinsichtlich ihrer Isotopenzusammensetzung zu analysieren. Ein zweites Teilziel ist die kontaminationsfreie Beprobung von Kernmaterial, welches seinen Gasbestand noch nicht an die Umgebung abgegeben hat und dessen Gasinventar weder geändert noch verfälscht wurde. Als weiteres Teilziel ist die saubere Trennung der beiden Arten mineralgebundener Gase (inter- und intrakristallin) anzusehen. Da von einer unterschiedlichen Sensibilität beider Gasgruppen bei mechanischen Belastungen des Speichergesteins auszugehen ist, darf keine Gesamtanalyse der Gase eines Bohrkernabschnitts vorgenommen werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- **Probennahme:** Insgesamt sollen drei Bohrungen aus stratigraphisch vergleichbaren Einheiten mit unterschiedlicher tektonischer Vorbeanspruchung untersucht werden.
- **Methodenetablierung:** es wird eine Methode zur Messung der Isotopensysteme $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}_{(\text{H}_2)}$ sowie $\delta^{13}\text{C}_{(\text{C}_1\text{-C}_4)}$ und $\delta^2\text{H}_{(\text{C}_1\text{-C}_4)}$ etabliert und eine Methode zur räumlichen Darstellung von Gaszusammensetzungen in Einschlüssen in Kernabschnitten mittel Laser-Ramanspektroskopie entwickelt.
- **Interkristalline Gase:** die Kernabschnitte werden kontrolliert ausgegast und die gewonnenen Gase mittels des GC-irMS untersucht.
- **Intrakristalline Gase:** zunächst wird die räumliche Verteilung der Gase in Einschlüssen in den Proben mittels der Laser-Ramanspektroskopie untersucht. Anschließend werden die Gase mittels Auflösen separiert und mit dem GC-irMS analysiert.
- Alle Proben werden vollständig mineralogisch (RDA) und chemisch (IC) beschrieben.

3. Durchgeführte Arbeiten

- Festlegung der Bohrorte und des Probenumfangs mit der K+S.
- Umbau des GC-irMS, insbesondere der Peripherie zwischen Gaschromatograph (GC) und Massenspektrometer (MS).
- Kalibrierung des GC-irMS für alle zu untersuchenden Isotopensysteme durch Referenzgase.
- Durchführung von Versuchen zur Wasserstoffbildung bei der Korrosion verschiedener Metalle durch unterschiedliche saline Lösungen.
- Entwicklung einer Extraktionstechnik für Gaseinschlüsse in Evaporitmineralen.
- Analyse von N₂-CH₄-H₂ Einschlüssen in Carnalliten aus dem Allertalgraben.

4. Ergebnisse

- Es wurde eine Peripherie zwischen GC und irMS entworfen und technisch umgesetzt, mit der es möglich ist, die Isotopensysteme N_{N2}-H_{H2}-C_{CH4}-H_{CH4} oder N_{N2}-O_{O2} mit einer einzelnen Probeninjektion zu messen. Neu ist hierbei die simultane Umwandlung des Methans in CO₂ und H₂O (Combustion) sowie in H₂ und C (Pyrolyse) und die anschließende Bestimmung des $\delta^{13}\text{C}_{\text{Methan}}$ und $\delta^2\text{H}_{\text{Methan}}$.
- Für alle Isotopensysteme werden Reproduzierbarkeiten und Genauigkeiten erreicht, wie sie aus der Literatur bekannt sind.
- Das δD korrosiven Wasserstoffs ist erwartungsgemäß stark verarmt ($\delta\text{D}_{\text{VSMOW}}$ -720 bis -890 ‰) und somit eindeutig von natürlichem Wasserstoff in Evaporitlagerstätten unterscheidbar.
- Es ist möglich Gaseinschlüsse in den untersuchten Mineralen zu extrahieren und deren Isotopenverhältnisse zu analysieren.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Probennahme von Kernen in der flachen Lagerung (Staßfurt Hauptsalz (z2) im Werk Zielitz, K+S AG).
- Separierung und Analyse der Gase auf Korngrenzen und in den Einschlüssen.
- Analyse der Gaseinschlüsse mittels Laser-Ramanspektroskopie.
- Analyse der Isotopensysteme aller Gase mittels GC-irMS.
- Mineralogische und chemische Analyse der Kernproben.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Potter, J., Siemann, M. G. (2002): Determination of the nature of gaseous inclusions in Late Permian carnallite salts from the Allertal salt structure, North Germany, by means of laser-Raman XYZ mapping and stable isotopic analysis by GC-irMS – PACROFI VIII (Eighth Biennial Pan-American Conference on Research on Fluid Inclusions, Halifax, Canada, July 21- 26).
 Interner Bericht zum Meilenstein 1 (GC-irMS Methode).

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (FhG), Leonrodstraße 54, 80603 München		Förderkennzeichen: 02 C 0851
Vorhabensbezeichnung: Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedeponien - Geosonar- und Ultraschallverfahren		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2001 bis 30.06.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 435.740,00 EUR	Projektleiter: Dr. Kühnicke	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die untertägige Erkundung der geologischen Barrieren, insbesondere die Detektion von Klufzonen, Laugentaschen, Feuchtezonen und Schichtgrenzen sowie ihre möglichst genaue Vermessung und Bewertung sind wichtige Voraussetzungen für detaillierte Planungen und qualifizierte Langzeitsicherheitsnachweise von Endlagern und Untertagedeponien.

Die Aussagekraft der Geosonar- und Ultraschallverfahren wird durch Weiterentwicklung der Sendempfangswandler und der Bewertungsalgorithmen gesteigert. Gleichzeitig soll die praktische Anwendung der Verfahren durch verbesserte Ankopplungsmechanismen und Handhabungsempfehlungen gesichert werden.

Eine intensivere Kopplung der Geosonar- und Ultraschallverfahren mit elektromagnetischen, elektrischen und seismischen Verfahren sowie Bildverarbeitungstechniken soll zu einer neuen Qualität des geophysikalischen Instrumentariums bei der nichtinvasiven Erkennung und Bewertung von Problemzonen im Bereich geologischer Barrieren von Endlagern und Untertagedeponien führen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Arbeitspunkt 1: Auswahl und Charakterisierung von Referenzmessorten

Arbeitspunkt 2: Optimierung der Sende-Empfangseinrichtung

Arbeitspunkt 3: Messkampagnen in Salzbergwerken

Arbeitspunkt 4: Bestimmung physikalischer Gesteinsparameter im Labor und in-situ

Arbeitspunkt 5: Modellierung der Sende- und Empfangsprüfköpfe

Arbeitspunkt 6: Weiterentwicklung der Rekonstruktionsverfahren

Arbeitspunkt 7: Auswertung des Datenmaterials, Datenfusion

Arbeitspunkt 8: Abschlussbericht und Handlungsempfehlungen

3. Durchgeführte Arbeiten

- Arbeitspunkt 1:* Die Beurteilung möglicher Messorte in den Grubenfeldern Sigmundshall und Bischofferode wurde fortgeführt. Die Messorte sollen sich durch typische Problemzonen mit Salzlösungsvorkommen auszeichnen.
- Arbeitspunkt 2:* Um einen hohen Energieeintrag mit gut definierten Signalformen und Abstrahlcharakteristiken zu erreichen, wurden sowohl 4 neue Sendeköpfe als auch 20 hochempfindliche Piezosensoren für eine direkte Ankopplung am Stoß entwickelt und gebaut.
- Arbeitspunkt 3-4:* Im Berichtszeitraum erfolgte ein erster Messeinsatz am Referenzmessort auf der 480 m-Sohle im Werk Sigmundshall der Kali und Salz GmbH.
- Arbeitspunkt 5:* Es erfolgten Modellrechnungen zur Aufstellungsgeometrie und zur Ankopplung der Sender und Empfänger.
- Arbeitspunkt 6-7:* Das Datenmaterial des ersten Messeinsatzes wurde mit weiterentwickelten Auswerterroutinen bearbeitet und die Ergebnisse mit denen der Projektpartner verglichen.
- Arbeitspunkt 8:* Im Berichtszeitraum keine Aktivitäten.

4. Ergebnisse

- Arbeitspunkt 1:* Für fortführende Messungen bietet sich ein ausgedehntes Salzlösungsvorkommen im Hauptanhydrit im Bereich des Holunger Grabens des Grubenfeldes Bischofferode an.
- Arbeitspunkt 2:* Die neu entwickelte Sende- Empfangstechnik gewährleistet ein hohes Signal / Noise Verhältnis und lässt In-situ-Tests mit erweiterten Geber- Empfänger-Arrays zu.
- Arbeitspunkt 3-4:* Aufgrund starker Abschaltungen am Stoß konnte in dem ersten Messeinsatz in Sigmundshall nur eine mittlere Datenqualität erreicht werden.
- Arbeitspunkt 5:* Die Sensoren werden in Zukunft direkt am Stoß mit Joch angekoppelt.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten zur Auswahl der Messorte werden 2002 abgeschlossen. In einer zweiten Messkampagne in Sigmundshall soll mit Sensorarrays und einer modifizierten Ankopplung der Empfänger eine Verbesserung der Signalqualität erreicht werden. Nach einer Befahrung der Grube Bischofferode wird eine Entscheidung über In-situ-Messungen im Bereich des Holunger Grabens getroffen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

H. Kühnicke, E. Schulze, (2002) BMBF-PTWT+E -Abschlussbericht Vorhaben 02C0537: „Entwicklung und In-situ-Test akustischer Verfahren zur zerstörungsfreien Beurteilung von Auflockerungszonen im Salinar“

Zuwendungsempfänger: Universität Leipzig, Ritterstraße 26, 04009 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 C 0861
Vorhabensbezeichnung: Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedeponien - Geoelektrik, Seismik, Geologie		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2001 bis 30.06.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 498.744,27 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Jacobs	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die untertägige Erkundung der geologischen Barriere von Endlagern und UTD sowie ihre möglichst genaue Vermessung und Bewertung sind wichtige Voraussetzungen für detaillierte Planungen und qualifizierte Sicherheitsnachweise. Im Ausgangsvorhaben (02C0558) wurde dazu ein leistungsfähiges kombiniertes Mess- und Auswerteeinstrumentarium geschaffen. Das aktuelle Vorhaben wird die erfolgreich getesteten neuen geophysikalischen Techniken und die gewonnenen Erfahrungen auf die verallgemeinerten geometrischen, geologischen, geohydrologischen und bergbaulichen Bedingungen des Kali- und Steinsalzbergbaus erweitern. Unter Einbeziehung neuer Ansatzpunkte werden geoelektrische und seismische Verfahren – gekoppelt mit den in den Parallelvorhaben "-Elektromagnetik, Georadar und Quantitative Charakterisierung von Problemzonen (02C0871) und "-Geosonar- und Ultraschallverfahren" (02C 0851) bearbeiteten Verfahren - an weiteren Referenzmessorten und durch Computermodellierungen anwendungsorientierte Beiträge zur Charakterisierung von Problemzonen und damit zur Langzeitsicherheitsbewertung leisten. Die Ergebnisverwertung umfasst Patentrecherchen, Handlungsempfehlungen, marktfähige Dienstleistungsangebote und Lizenzvergabemodelle. Gegenstand des Vorhabens ist die Einbindung geoelektrischer und seismischer Verfahren in das komplexe System.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Identifizierung der Referenzmessorte
2. Messkampagnen an den Referenzmessorten
3. Bestimmung physikalischer Gesteinsparameter im Labor und in-situ
4. Geophysikalische Modellierung von Barriersituationen
5. Weiterentwicklung des komplexen Mess- und Auswerteeinstrumentariums, Handlungsempfehlungen

3. Durchgeführte Arbeiten

Als Referenzmessobjekt wurde gemeinsam mit den Projektpartnern eine Strecke im Kali-Bergwerk Sigmundshall bei Wunstorf westlich von Hannover (Betreiber: K+S KALI GmbH) ausgewählt. Zwischen den Sohlen 480 m und 500 m existieren Salzlösungsvorkommen, die in Bohrungen von der Wetterstrecke der 480 m Sohle aus angetroffen wurden. Die Entfernung des streckennächsten Salzlösungsvorkommens vom Stoß beträgt etwa 60 m bis 70 m.

Es wurde ein Geoelektrik-Messprofil mit einer der Bohrungen als Nullpunkt und mit einer Gesamtlänge von 318m angelegt. Während einer ersten Messkampagne im März 2002 erfolgte die Aufnahme von zwei Dipol-Dipol-Pseudosektionen mit einer RESECS-Apparatur unter Zuhilfenahme von bis zu 18 Transientenre-

corden (Refleks), während der zweiten Messkampagne im April wurden zwei weitere Pseudosektionen im Norden des Profils aufgenommen. Als problematisch erwiesen sich die Ankopplung der Elektroden am wetterbedingt ausgetrockneten Stoß und die Abschaltungen am Stoß.

Die Profillänge der seismischen Messungen betrug 224 m. Die Messungen erfolgten mit einem Geophonpunktabstand von 1 m und einem Anregungspunktabstand von 4 m. Es wurde dreimal am Bolzen, dreimal am Stoß und einmal seitlich am Bolzen (S – Welle) angeregt (insgesamt 123 Punkte mit jeweils 7 Schlägen, nahezu 1000 Seismogramme). Die Aufnahme erfolgte mit x-, y- und z-Komponente. Als problematisch für die Messungen erwiesen sich ebenfalls die Abschaltungen am Stoß.

Entlang des geoelektrischen Messprofils wurden Gesteinsproben (Handstücke) für die Bestimmung physikalischer Gesteinsparameter im Labor entnommen. Die Herstellung formatisierter Miniprobe und die Bestimmung von Wassergehalt und elektrischer Leitfähigkeit daran wurde begonnen. Die Entnahme von Bohrkernen für tomographische Widerstandsmessungen war aus Sicherheitsgründen nicht möglich.

Die geoelektrischen Modellierungen mit den Finite-Elemente-Programmen ANSYS und FEMLAB wurden fortgesetzt.

4. Ergebnisse

Im Norden des Profils wurden Widerstände zwischen 10^6 und 10^{10} Ω m, im Süden Widerstände zwischen 10^5 und 10^6 Ω m gemessen. Die erste 2D-Inversion eines Teils der Daten zeigt niedrigere Widerstände im Bereich um die Bohrungen im Süden, im nördlichen Teil steigen die Widerstände auf 10^{10} - 10^{11} Ω m an. Dabei deutet sich bei 220m eine Widerstandsniedrigung an (10^5 und 10^6 Ω m), die mit einem austretenden Radarreflektor zu korrelieren scheint. Ein eindeutiger Hinweis auf eine Feuchtezone konnte bisher nicht gefunden werden.

Nach der ersten Bearbeitung der seismischen Daten zeichnet sich eine schwache Reflexion ab, die dem Übergang vom Steinsalz zum Anhydrit zugeordnet werden könnte.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die Beendigung der geoelektrischen Messungen in Sigmundshall ist im September 2002 geplant. Die weitere Auswertung der Daten unter Berücksichtigung des Einflusses der Grubengeometrie schließt Finite-Elemente-Modellierungen mit ANSYS und FEMLAB ein. Am Probenmaterial werden die Labor-messungen des elektrischen Widerstandes in Abhängigkeit vom Wassergehalt fortgesetzt.

Die seismischen Daten erfordern noch eine intensive Bearbeitung.

Geoelektrische Messungen an einem weiteren Standort (z. B. Bischofferode) sind in Diskussion, weitere seismische Messungen bedürfen jedoch aus technischen und finanziellen Gründen einer noch ausstehenden Entscheidung.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Kurz, G, Aschmann, L., Jacobs, F., Kulenkampff, J., Moise, E., Schuck, A., Schulz, R. (2002): Auswertekonzept zur geophysikalischen Erkundung von Problemzonen im Salinar. - Zeitschrift für Angewandte Geologie, 48 (2/02): 56-62;Hannover.

Kulenkampff, J., Just, A., Aschmann, L., Jacobs, F. (2002): Laboruntersuchungen zur Interpretation von In-situ-Messungen im Salinar. - 62. Jahrestagung der DGG, 3.-8.3.2002, Hannover.

Kulenkampff, J., Just, A., Jacobs, F. (2002): Geophysical detection and evaluation of risk zones in a sylvinite mine by underground measurements and laboratory investigations.- EGS Meeting, 21.-26.4.2002, Nizza.

Zuwendungsempfänger: Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA), Stilleweg 2, 30631 Hannover		Förderkennzeichen: 02 C 0871
Vorhabensbezeichnung: Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedeponien - Elektromagnetik, Georadar, Quantitative Charakterisierung von Problemzonen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2001 bis 30.06.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 337.786,00 EUR	Projektleiter: Dr. Schulz	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben wird in enger Kooperation mit zwei weiteren Vorhaben zur gleichen Thematik aber mit den jeweiligen Schwerpunkten Geoelektrik, Seismik und Geologie bzw. Geosonar durchgeführt. Zielsetzung ist die effektive Anwendung einer Kombination von geophysikalischen Methoden bei Gewinnung, Verwahrung und Nachnutzung im Salzbergbau. Besonderes Augenmerk gilt den geologischen Barrieren gegen Laugenvorkommen. Das vorhandene Mess- und Auswerteequipment soll durch kombinierte Messungen und Systemmodellierungen abgesichert und auf neue Problemstellungen an weiteren Lokationen mit anderen Geologietypen angewendet werden. Im Vorhaben steht zunächst die Weiterentwicklung des elektromagnetischen Verfahrens für die untertägigen Bedingungen im Vordergrund. Um den gesamten Informationsgehalt aller geophysikalischen Messungen auszunutzen, wird das selbstentwickelte Konzept der methodenspezifischen Anomalienkriterien und die Zusammenfassung zu einem gemeinsamen quantifizierten Problemindex einschließlich seiner visuellen Darstellung weiterentwickelt (quantitative Charakterisierung von Problemzonen).

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Auswahl von geeigneten Referenzmessorten
- AP2: Erweiterung des Messinstrumentariums
- AP3: Interpretation und Weiterentwicklung der Modellierung
- AP4: Problemquantifizierung
- AP5: Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten

- AP1: Absprachen mit verschiedenen Grubeneignern über mögliche Mess-Standorte
- AP3: Testmessungen an ausgewählten Standorten
- AP4: Weiterentwicklung der Modellierung für elektromagnetische Messungen (EM)

4. Ergebnisse

Als Mess-Standort wurde ein Bergwerk der K+S AG in Nordwestdeutschland ausgewählt. In einem ersten Messeinsatz wurde das elektromagnetische Reflexionsverfahren (EMR) unter Tage eingesetzt, wobei auf einem Profil über eine Länge von ca. 500 m gemessen wurde. Die durch Bohrungen nachgewiesene Laugenstelle liegt in ca. 80 m Tiefe, die Eindringtiefe des EMR ist deutlich größer. In mehreren Messeinsätzen wurde die optimale Antenne bezüglich Eindringtiefe und Auflösung gefunden. Eine erste Auswertung zeigt, dass das Radarverfahren eine gute strukturelle Auflösung ermöglicht. Für den geplanten Einsatz des elektromagnetischen Induktionsverfahren (EM) ist das verwendete Gerät zur Reparatur zur Herstellerfirma nach USA geschickt worden.

Die Übernahme eines rechenintensiven numerischen Modellierungsprogramms (3D-EM Finite-Differenzen-Programm) wurde realisiert. Dazu diente ein einwöchiger Einführungskurs bei dem Programmator im Sandia Nat. Lab. (USA). Mit Hilfe von analytischen Lösungen wurde das angeschaffte Programm überprüft. Es zeigte sich eine gute Übereinstimmung. Damit wurde die Grundlage gelegt, um weiterführende geologische Modelle zu rechnen und diverse Szenarien zu modellieren.

5. Geplante Weiterarbeiten

Der EMR-Datensatz soll verfeinert werden um eine präzisere Migration der vorliegenden geneigten Reflektoren zu ermöglichen. Die geologische Interpretation soll zusammen mit den Bergwerksgeologen vorgenommen werden.

Nachdem der vollständige Datensatz von allen Projektpartnern vorliegt, wird das komplexe Auswerteinstrumentarium an diesem umgesetzt. Modellierungen für das elektromagnetische Induktionsverfahren (EM) und das elektromagnetische Reflexionsverfahren (EMR) werden für Laugenszenarien durchgeführt. Die dort gewonnenen Ergebnisse werden bei der Erstellung von Anomaliekriterien verwendet.

Messungen in einem weiteren Mess-Standort werden vorbereitet.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

JACOBS, F., KÜHNICKE, H. & SCHULZ, R. (2002): Komplexes Mess- und Auswerteinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und Untertagedeponien (UTD) im Salinar. - 109 S., Abschlussbericht; Universität Leipzig, Fh-EADQ Dresden, GGA Hannover.

KURZ, G., MOISE, E., SCHULZ, R., KULENKAMPFF, J. & JACOBS, F. (2002): Kombinierte Auswertung von untertägigen geophysikalischen Messungen. – 62. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, Poster UIP07: 283; Hannover.

KURZ, G., ASCHMANN, L., JACOBS, F., KULENKAMPFF, J., MOISE, E., SCHUCK, A. & SCHULZ, R. (2002): Auswertekonzept zur geophysikalischen Erkundung von Problemzonen im Salinar. - Zeitschrift für Angewandte Geologie, **48** (2/02): 56-62; Hannover.

Zuwendungsempfänger: Bauhaus-Universität Weimar, Geschwister-Scholl-Straße 8, 99421 Weimar		Förderkennzeichen: 02 C 0881
Vorhabensbezeichnung: Experimentelle und numerische Untersuchungen des Langzeitverhaltens von Abschlussbauwerken im Salinar mit Bentonitgemischen als Dichtelement		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2001 bis 31.07.2004	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.208.490,51 EUR	Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Schanz	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das FuE-Vorhaben hat die Untersuchung des mechanisch-hydraulischen Verhaltens eines Abschlussbauwerks im Salinar, unter Berücksichtigung der physikalisch-chemischen Effekte, und auf dieser Basis die Entwicklung neuer Verfahren zur numerischen Modellierung des Langzeitverhaltens von Verschlussbauwerken unter realitätsnahen Bedingungen und Beanspruchungen, zum Ziel.

Im Mittelpunkt steht die Quantifizierung der Eigenschaften von variabel gesättigten, hochverdichteten Bentoniten.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Arbeitsgruppe Weimar

Überprüfung der Homogenität der Materialstruktur, Untersuchungen zur Mikrostruktur

- Kapillarspannungs-Sättigungs-Beziehungen; teilgesättigte Durchlässigkeit, Steifigkeit, Festigkeit
- Validierung des numerischen Modells.

Arbeitsgruppe Tübingen

- Entwicklung/Numerik Modells, Implementierung, Verifizierung, Validierung, Modell-Anwendung

Arbeitsgruppe Braunschweig

Versuchskörperherstellung, konstante Mikro-Struktur, Lösung, Probenpräparation

- Bestimmung von Diffusionskoeffizienten von Wasser in kompaktiertem Bentonit
- Infiltration von kompaktiertem Bentonit unter unterschiedlichen Randbedingungen

Arbeitsgruppe Freiberg

Das zu entwickelnde numerische Modell soll verifiziert werden, ob es die Ergebnisse des Versuchs in Sondershausen nachvollziehen kann.

3. Durchgeführte Arbeiten

AG Braunschweig: 10 Quelldruckmessungen an Calcigel und gesättigter NaCl-Lösungen; Messzelle für quaderförmige Probekörper in Auftrag gegeben (kleineres Innenvolumen als das realer Bentonit-Formsteine, jedoch gleiche Kantenlängenverhältnisse)

AG Freiberg: Statistische Auswertung der Eigenschaften von Bentonitformsteinen (Wassergehalt, Dichte usw.), Beschaffung von Probematerial/Erstellung von Versuchskörpern für die Laborversuche, Rückbau des statischen Widerlagers und des Dichtelementes in Sondershausen.

AG Weimar: Untersuchung des Lastabtragverhaltens des Verschlussbauwerks „Sondershausen“ mittels numerischer (3D-FEM) und experimenteller Untersuchungen (Technikumsversuch).

4. Ergebnisse

AG Tübingen: Aufarbeitung/Dokumentation der kontinuumsmechanischen und numerischen Grundlagen für THMC-Prozesse (Mehrphasen-Mehrkomponenten-Ansatz, siehe Literatur); Entwurf des Modells und Entwicklung der FE-Kerne für reaktive Mehrphasen-Mehrkomponenten-Prozesse; Erweiterung der Material-Bibliothek (nichtisotherme Fluideigenschaften, Phasenübergänge, Zerfallsprozesse; erste Rechnungen für Mehrphasen-Mehrkomponenten-Prozesse sowie den Nuklid-Transport in geringpermeablen Bentoniten; Analyse von verschiedenen Kopplungsstrategien für die Lösung des nichtlinearen Mehrfeldproblems hinsichtlich Genauigkeit und Stabilität des numerischen Verfahrens.

AG Braunschweig: Es ergaben sich geringere Quelldrücke als früher mit MX-80.

AG Freiberg: Bericht "Eigenschaften der im Verschlussbauwerk Sondershausen eingesetzten Bentonitformsteine – Ergebnisse der Qualitätskontrolle", Darstellung der Messwerte (u.a. Zeitverläufe der Verschiebungen und der Drücke) des Feldversuchs in Form von „Excel-Dateien“.

AG Weimar: Mittels digitaler Bildverarbeitung Ableitung von Verschiebungsfelder. Vergleich mit den Ergebnissen der numerischen Berechnungen und der Feldmessungen. Bei allen drei Methoden qualitativ identische Lastabtragung. Auch für maximale Belastung können beobachtete „Scherfugen“ numerisch nachvollzogen werden. Quantitativ ergibt sich eine befriedigende Übereinstimmung zwischen den Verschiebungen des Widerlagers und den an ihm angreifenden Drücken.

Die experimentellen Arbeiten konzentrieren sich z.Z. auf eine Mischung von 50% Calcigel und 50% Quarz Sand (Dichte ca. 2.2 gr/cm³ und w=0,07-0,09). Die Klassifikationsparameter ergeben sich nach DIN/ASTM zu (Calcigel/Mischung): Fließgrenze 130₊₃/70₊₄, Ausrollgrenze 33₊₁/23₊₁, Schrumpfgrenze 18/-, Differentielles Quellen 232₊₂₀. System erlaubt parallele Messung von Quelldrücken und Retentionskurven (Volumenkonstanz, drainierte Versuche). Es ergab sich nach 1 Monat ein Gleichgewichtszustand mit einem Maximalwert von 1.8 MPa.

5. Geplante Weiterarbeiten

AG Braunschweig: Aufbau und Erprobung der Messzellen für kleine quaderförmige Probekörper.

AG Freiberg: Dokumentation des Rückbaus des statischen Widerlagers und des Dichtelementes

AG Weimar: Fortführung der Quelldruckmessungen, Modifizierung des Spezialoedometers.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Projektstatusgespräch 6/2002, die schriftlichen Unterlagen sind beim Projektleiter erhältlich.

De Jonge J, Kolditz O (2002): Non-isothermal multiphase flow processes in porous media, RockFlow-Preprint [2002-1], Center for Applied Geosciences, University of Tübingen.

Xie M, Kolditz O (2002): THMC Modellierung (Chemical Processes in Bentonite) – Literature Study, Vortrag, Weimar, 14.06.2002.

Kolditz O (2002): Computational methods in environmental fluid mechanics, Springer-Verlag.

Zuwendungsempfänger: IfG Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Friederikenstraße 60, 04279 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 C 0892
Vorhabensbezeichnung: Prognose der dynamischen Langzeitstabilität von Grubengebäuden im Salinar unter Berücksichtigung von Diskontinuitäts- und Schichtflächen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2002 bis 31.12.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 428.800,00 EUR	Projektleiter: Dr.-Ing. Minkley	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Reanalyse dynamischer Vorgänge im Salzgebirge führt zu dem Schluss, dass das mechanische Verhalten von Diskontinuitäten und Schichtflächen einen entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung und den Ablauf von Bruchvorgängen im Salinar ausübt. Das Salzgebirge ist bisher vornehmlich als Kontinuum betrachtet worden.

Ziel des Vorhabens ist die Einbeziehung und Berücksichtigung für die Sicherheit relevanter Diskontinuitäts- und Schichtflächen in die Prognose der dynamischen Langzeitstabilität von Grubengebäuden im Salinar, die als UTD bzw. UTV genutzt werden. Das bislang weitgehend unerforschte mechanische Verhalten der Schichtflächen im Salzgebirge soll durch experimentelle Untersuchungen aufgeklärt und für Berechnungen zum Nachweis der geotechnischen Sicherheit sowie Modellsimulation geomechanischer Grenzzustände bereit gestellt werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1: Experimentelle Untersuchungen zum mechanischen Verhalten natürlicher Diskontinuitäts- bzw. Schichtflächen im Salinar.
- AP 2: Entwicklung von Stoffansätzen zur Beschreibung des Kriech- und Entfestigungsverhaltens salinärer Schichtflächen.
- AP 3: Validierung des entwickelten Schermodells und der Modellvorstellungen zum Verhalten von Schichtflächen im Salinar.

3. Durchgeführte Arbeiten

- AP 1: Suche geeigneter Standorte, an denen Schichtflächen im Salinar aufgeschlossen sind. Erprobung von Methoden zur Gewinnung von Probeblöcken mit Schichtflächen bzw. Schichtübergang.
- AP 2: Literaturstudium über die in der Felsmechanik existierenden grundlegenden Stoffansätze zur Beschreibung des Scherverhaltens von Klufflächen.

4. Ergebnisse

- AP 1: Es wurde eine Auswahl an geeigneten Standorten getroffen, an denen Schichtübergänge Carnallit / Steinsalz und Sylvinit / Steinsalz aufgeschlossen sind. Durch geneigte Bohrungen brauchbare Bohrkern mit Schichtübergang zu gewinnen sind fehlgeschlagen. Erste Testversuche, durch schneidende Gewinnung Blöcke aus dem Schichtverband herauszusägen, waren erfolgreich.
- AP 2: Die in der Felsmechanik angewandten Schermodelle erscheinen nicht geeignet zur Beschreibung des speziellen Scherverhaltens von Diskontinuitäts- und Schichtflächen im Salinar.

5. Geplante Weiterarbeiten

- AP 1: Gewinnung von Probeblöcken mit Schichtübergang und Herstellung von Prüfkörpern für Scherversuche.
- AP 2: Entwicklung von Stoffmodellansätzen, mit denen das von Scherweg und Belastungsgeschwindigkeit abhängige Scher- und Entfestigungsverhalten an salinaren Schichtflächen beschrieben werden kann.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: TU-BAF, Akademiestr. 6, 09596 Freiberg		Förderkennzeichen: 02 C 0902
Vorhabensbezeichnung: Wissenschaftlich-technisches Programm für den Rückbau des in situ getesteten Verschlussbauwerkes in der Grube Sondershausen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2002 bis 31.12.2002	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 82.931,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Sitz	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Ziel der Arbeiten besteht in der Gewinnung von Daten zur Bestätigung der Funktionstüchtigkeit der verschiedenen Konstruktionselemente des Verschlussbauwerkes (statisches Widerlager, Dichtelement) und zur Erarbeitung eines Grundkonzeptes für zukünftig zu errichtende Streckenverschlussbauwerke im Salinar für UTD/UTV.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP 1: Durchführung von wissenschaftlich-technischen Arbeiten während der Rückbauarbeiten (1/2002 – 12/2002)

AP 2: Durchführung technischer Arbeiten zum Rückbau (1/2002 – 8/2002)

3. Durchgeführte Arbeiten

AP 1:

- Rückrechnung über die Standsicherheit des statischen Widerlagers liegt vor (IfG Leipzig).
- Teilbericht zum Rückbau des statischen Widerlagers liegt vor (TU BAF).

AP 2:

- Rückbau des statischen Widerlagers am 31. 03. 2002 beendet: Der Rückbau des Dichtelementes 1 läuft planmäßig.

4. Ergebnisse

AP 1:

- Durch das IfG Leipzig wurden Rückrechnungen (back analysis) zum statischen Widerlager durchgeführt. Sie weisen nach, dass die Unterschiede zur Erstrechnung durch die geringe Kenntnis über das Kriechflächenverhalten der Salzformsteine hervorgerufen werden. Der Einfluss der Durchfeuchtung ist ebenfalls von Bedeutung. Für zukünftig zu errichtende Streckenverschlussbauwerke mit Widerlagern in Mauerwerksbauweise zeichnen sich folgende Modifikationen als notwendig ab:
 - Einbau von Natursteinen (Basalte)
 - Verlegeschema verändern
 - Form der Steine verändern
- Durch das Unternehmen „Vermessung Glückauf, Sondershausen“ wurde die Luftseite des statischen Widerlagers eingemessen. Stärkere Ausbeulungen unterhalb der Firste (NO-Stoß) stimmen mit dem Befunden beim Rückbau der Salzformsteine und der Bentonitformsteine überein. Die NO-Flanke des Bauwerkes hat sich stärker verschoben als die SO-Flanke.

AP 2:

- Permeabilitätsmessungen (Wiederholung) werden nach Ablauf der Rückbauarbeiten durchgeführt.
- Weitere Probenahme von Gesteinsmaterial aus der Gebirgskontur ist erforderlich, um die Umläufigkeit in der ALZ zu bestimmen.

5. Geplante Weiterarbeiten

AP 1: Weiterführung der Auswertungsarbeiten am statischen Widerlager und am Dichtelement

AP 2: Die Rückbauarbeiten werden Ende Juli voraussichtlich beendet.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0912	
Geochemische Modellierung des Langzeitverhaltens von silikatischen und aluminosilikatischen Materialien			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2002 bis 30.04.2005		Berichtszeitraum: 01.05.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 867.752,00 EUR		Projektleiter: Dr. Mönig	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Als Beitrag zur Beschreibung des geochemischen Milieus in salinaren wie auch in nichtsalinaren Endlagerformationen werden mit dem Vorhaben Grundlagen für eine verbesserte geochemische Modellierung der Reaktionen von relevanten silikat- und aluminosilikathaltigen Materialien mit salinaren wässrigen Lösungen geschaffen. Dabei wird auf der Basis experimenteller Daten ein thermodynamischer Parametersatz entwickelt, mit dem sich die Eigenschaften von Al- und Si-Spezies in salinaren Lösungen bei 25°C in einem breiten pH-Bereich voraussagen lassen. Die benötigten thermodynamischen Parameter (Löslichkeitskonstanten, Assoziationskonstanten, spezifische Wechselwirkungskoeffizienten) werden durch geeignete Untersuchungsverfahren, wie z.B. Löslichkeitsmessungen, potentiometrische Titrations und isopiestic Bestimmungen, bestimmt. Schließlich wird die Leistungsfähigkeit des neuen thermodynamischen Parametersatzes durch geochemische Modellierung der Auflösungsreaktion von ausgewählten Silikat- und Aluminosilikatphasen in salinaren und verdünnten Lösungen überprüft.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Untersuchungsprogramm gliedert sich in die folgenden Arbeitspakete:

- AP 1: Literaturrecherche und -auswertung zur Löslichkeit von Si/Al-oxiden, Al-hydroxiden und einfachen Alkali- und Erdalkalisilikaten in Lösungen der ozeanischen Salze
- AP 2: Physikalisch-chemische Eigenschaften von Si/Al-haltigen Salzlösungen zur Bestimmung fehlender Daten, vor allem im basischen pH-Bereich
- AP 3: Experimentelle Bestimmung der Löslichkeit einfacher Silikate und Aluminate in Lösungen unterschiedlicher Konzentrationen der Salze des ozeanischen Systems
- AP 4: Parameterberechnung, -prüfung und -dokumentation der neuen Pitzerkoeffizienten für die Si- und Al-Spezies.

3. Durchgeführte Arbeiten

- Beginn der Literaturlauswertung
- Beginn der Löslichkeitsmessungen von Kieselsäure in einfachen Lösungen der ozeanischen Salze

4. Ergebnisse

keine

5. Geplante Weiterarbeiten

- Fortsetzung der Literaturlauswertung
- Fortsetzung der Löslichkeitsmessungen von Kieselsäure in einfachen Lösungen der ozeanischen Salze
- Beginn der potentiometrischen Titrationsmessungen von Kieselsäure in einfachen Lösungen der ozeanischen Salze im basischen pH-Bereich

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), Kaiserstr. 12, 76128 Karlsruhe		Förderkennzeichen: 02 C 0922
Vorhabensbezeichnung: Verschlussystem mit Äquipotenzialsegmenten für die untertägige Entsorgung (UTD und ELA) gefährlicher Abfälle zur Sicherstellung der homogenen Befeuchtung der Dichtelemente und zur Verbesserung der Langzeitstabilität		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2002 bis 30.06.2006	Berichtszeitraum: 01.05.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.091.844,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Nüesch	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Geotechnische Barrieren (Schacht-, Strecken- und Bohrlochverschlüsse) in UTD sind als nachweislich langzeitstabile Verschlussbauwerke auszubilden. Sie sind so zu konstruieren, dass sie möglichst schnell aus einer Beobachtungs- und Überwachungsphase entlassen werden können. Vorhabensziel ist das Design, der konstruktive Entwurf und der Bau eines Verschlussystems, das mittels Äquipotenzialsegmenten eine homogene Durchfeuchtung des dichtenden Bentonitkerns gewährleistet.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Vorhaben 02C0922 umfasst folgendes Arbeitsprogramm:

- AP1: Konzeption des Verschlussystems, Versuchsplanung, Grundlagenermittlung
- AP2: Durchführung und Bewertung eines Laborversuches
- AP3: Modellierung der Vorgänge im Verschluss
- AP4: Halbtechnischer Versuch, Durchführung und Bewertung

3. Durchgeführte Arbeiten

Entsprechend dem geltenden Zeitplan des Vorhabens wurde mit der Bearbeitung des AP 1 (Konzeption des Verschlussbauwerkes, Versuchsplanung) begonnen. Die Konzeption des Verschlussbauwerkes (AP 1.1) wurde angegangen (Variation der Schichtfolgen (AP 1.2), Einbringen von Überwachungssensoren (AP 1.4), Ausbildung der Ränder, Trennen der Schichten, Bau- und Einbringtechnik). Der Verschlussrand soll die Eigenheiten der verschiedenen Wirtsgesteine berücksichtigen (AP 1.6). Die sicherheitstechnischen Randbedingungen, speziell für den Bau unter Tage, werden derzeit eruiert und in die Bautechnik integriert (AP 1.5).

4. Ergebnisse

Es wurde eine Startveranstaltung für den 22. Juli 2002 vorbereitet. Daran soll auch der vom Projektträger benannte Vertreter des UBA-Berlin teilnehmen.

5. Geplante Weiterarbeiten

Gemäß genehmigtem Zeitplan wird der Laborversuchsstand konzipiert und gebaut. Die konzeptionellen Vorarbeiten sollen abgeschlossen werden.

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

Die Patentanmeldung Nr: 10149972.8, *Verschlussstopfen und Verfahren zum Verschließen von untätigen Hohlräumen*, wurde vom Patent- und Markenamt vor Bearbeitungsbeginn als Patent eingetragen.

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

2.4 W-Vorhaben

Zuwendungsempfänger: FZ-Jülich, Wilhelm-Johnen-Straße, 52425 Jülich		Förderkennzeichen: 02 W 6218
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung digitaler Safeguardstechniken zur Verbesserung der Effektivität und der Kosteneffizienz und Anpassung an das neue Safeguardssystem INFCIRC/540		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung		
Laufzeit des Vorhabens: vom 01.01.1999 bis 31.12.2002	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 847.935,00 EUR	Projektleiter: 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

Die Gerätespezifikationen zum digitalen Vielkanal-Analysator DIUM wurden überarbeitet und durch einen Zeichnungssatz ergänzt. Eine TMCADRV Dynamic Link Library wurde als Entwurf erarbeitet. Auf der Grundlage der Feldtestergebnisse wurden Leitlinien für die Datenfernübertragung erarbeitet.

TEIL II: Auswertung von Open Sources (Satellitenerkundung)

Die Nevada-Satellitendaten wurden hinsichtlich nuklearrelevanter Änderungen untersucht. Ergebnisse wurden mit veröffentlichten Daten über unterirdische Nukleartests verglichen.

4. Ergebnisse

TEIL I: Vernetzbare, miniaturisierte, fernabfragbare Überwachungstechniken

Die technischen Dokumentationen zu den DIUM-Gerätespezifikationen sowie die TMCADRV Dynamic Link Library liegen als Entwürfe vor. Die Leitlinien zur Datenfernübertragung aus kerntechnischen Anlagen wurden dem BMWi und der Industrie vorgetragen und schriftlich übergeben, um eine Abstimmung zu ermöglichen.

TEIL II: Auswertung von Open Sources (Satellitenerkundung)

Die Auswertung der Lop Nor-, Semipalatinsk- und Nevada-Fernerkundungsdaten bestätigte die vorläufigen Schlussfolgerungen, die bei der Untersuchung der indischen Tests von 1998 gezogen wurden. Statistische Änderungsdetektion mit kommerziellen Satellitendaten eignet sich gut für die Detektierung von Signalen, die auf die Vorbereitung bzw. Durchführung unterirdischer Sprengungen in großen Testgebieten hinweisen.

5. Geplante Weiterarbeiten

TEIL I: Vernetzbare, miniaturisierte, fernabfragbare Überwachungstechniken

Abstimmung der Dokumentationen mit IAEO und Euratom, Bau von DIUM-Vorproduktions-Einheiten und Feldtest-Einheiten. Ein Datenfernabfragetest zur Klärung anlagenspezifischer Safeguardsfragen ist in einem Kernkraftwerk geplant; die IAEO bereitet eine entsprechende Anforderung vor.

TEIL II: Auswertung von Open Sources (Satellitenerkundung)

In einer Kooperation mit der Universität Zürich-Irchel soll mit Radarinterferometrie das Lop Nor-Gebiet weiter untersucht werden. Mit einem IKONOS-2 Datensatz über Pickering, Kanada, sollen verschiedene Strategien zur objektorientierten Änderungsdetektion untersucht werden.

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

zur Zeit nicht zutreffend

7. Berichte, Veröffentlichungen

Canty, M.J., Schlittenhardt, J.: Locating underground nuclear explosions using combined seismic and satellite imagery analysis, als Poster veröffentlicht, 62. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, Hannover, 3.-8. März 2002.

Stein, J., Georgiev, A., Brands, H., Kreuels, A., Richter, B., Aparo, M., Arlt, R., Schwalbach, P.: Design Concept of the Digital Unattended Multi-Channel Analyzer DIUM, als Vortrag veröffentlicht, 43. Jahrestagung des INMM, Orlando, 23.-27. Juni 2002.

Zuwendungsempfänger: FZ-Jülich, Wilhelm-Johnen-Straße, 52425 Jülich		Förderkennzeichen: 02 W 6228
Vorhabensbezeichnung: Das "Gestärkte Safeguardssystem" und die Nichtverbreitungs-Herausforderungen, Perspektiven und innovative Lösungsansätze		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.1999 bis 31.03.2002	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 31.03.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 638.601,52 EUR	Projektleiter: 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 verbundene 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

Im Berichtszeitraum wurden die Arbeiten zur Erstellung des Abschlussberichtes durchgeführt. Dieser wird in Form eines Buches erscheinen.

4. Ergebnisse

Die Arbeiten haben gezeigt, dass das Format der kontinuierlichen Information und Problemanalyse im Rahmen einer Projektgruppe von politischen Entscheidungsträgern und wissenschaftlich-technischen Fachleuten sich bewährt hat. Ferner ist eine kompetente Information und Meinungsbildung der Fachöffentlichkeit nur vor dem Hintergrund des vertraulichen und kritischen Gedankenaustausches zwischen maßgeblichen Experten und verantwortlich Handelnden möglich. Überdies wird die hochkomplexe Problematik sicherheitsrelevanter Technologien immer noch ungenügend verstanden, was einen ständig zu erneuernden Transfer von interdisziplinärem Wissen und praktischer Erfahrung notwendig macht.

5. Geplante Weiterarbeiten

keine

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: FZ-Jülich, Wilhelm-Johnen-Straße, 52425 Jülich		Förderkennzeichen: 02 W 6232
Vorhabensbezeichnung: Internationale Safeguards- und Technologiekontrolle unter neuen technologischen und politischen Rahmenbedingungen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung		
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2002 bis 31.05.2005	Berichtszeitraum: 01.06.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 344.241,00 EUR	Projektleiter: 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. Internationale Safeguards als zentrales Element der Nichtverbreitungsbemühungen sind daher zu verbessern und zu verstärken.

Probleme hinsichtlich internationaler Technologiekontrolle bestehen nach wie vor. Dies gilt nicht nur im nuklearen Nichtverbreitungsregime, sondern könnte auch für andere sensitive Technologiefelder zutreffen.

Durch Studien und im Rahmen einer Arbeitsgruppe werden wissenschaftlich fundierte und politisch umsetzbare Hinweise für eine sachgerechte, konsensfähige deutsche Nichtverbreitungs-, nuklear- sowie technologierelevante Politik gegeben.

Das Vorhaben baut auf den Ergebnissen des vorangegangenen Vorhabens 02 W 6228 auf.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Integrierung von alten und neuen Safeguards
2. Safeguards für abgerüstetes Kernmaterial
3. Zukünftige Safeguards
4. Physischer Schutz
5. Verifikationssysteme für sensitive Stoffe und Techniken

3. Durchgeführte Arbeiten

Das Vorhaben wurde erst begonnen und vorbereitende Arbeiten durchgeführt.

4. Ergebnisse

Ergebnisse liegen noch keine vor.

5. Geplante Weiterarbeiten

Gemäß Arbeitsplan.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

2.5 BMWi-Hausvorhaben

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Projektträger des BMBF und BMWi für Wassertechnologie und Entsorgung (PtWT+E)		Förderkennzeichen: KWA 9901
Vorhabensbezeichnung: „Unterstützungsprogramm Granit“		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.1999 bis 31.12.2002	Berichtszeitraum: 01.01.2002 bis 30.06.2002	
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.113.271,97 EUR	Projektleiter Dipl.-Ing. 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 kristallinem 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, Laborversuche und Modell-Entwicklungen durchgeführt. Die Arbeiten sind zu einem großen Teil eingebunden in internationale Projekte. 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, DBE Technology, FZK, FZR, GRS, TU Clausthal und Uni Stuttgart durchgeführt. Sie werden ausführlicher in den Berichten über die jeweiligen Vorhaben in Kapitel 2.1 beschrieben.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Vorhaben können den folgenden Arbeitsfeldern zugeordnet werden:

1. Experimentelle In-situ- und Labor-Untersuchungen zu Strömungs- und Transportprozessen und zum Zwei-phasesfluss in den technischen Barrieren und im Gebirge (Vorhaben 02E 9198, 02E 9218, 02E 9390, 02E 9430)
2. Weiterentwicklung und Erprobung von experimentellen Methoden zur Bestimmung der Feuchtigkeitsausbreitung und zur Beurteilung der geomechanischen Gebirgseigenschaften in der Umgebung untertägiger Hohlräume (Vorhaben 02E 9249, 02E 9279, 02E 9390)
3. Weiterentwicklung und Erprobung von numerischen Modellen und Programmen für die Simulation von Strömungsvorgängen und die Berechnung der Ausbreitung von Schadstoffen im Gebirge (Vorhaben 02E 9218, 02E 9370, 02E 9430)
4. Untersuchungen zu Migration, Transport und Rückhaltung von kolloidalen und gelösten Radionuklidspezies in den technischen und natürlichen Barrieren (Vorhaben 02E 9410, 02E 9491, FZK/INE (überwiegend Grundfinanzierung des FZK))

3. Durchgeführte Arbeiten

1. Im FL Grimsel wurden im „GMT“-Projekt die während der Aufsättigungsphasen ermittelten Daten analysiert und das vorhandene konzeptionelle Modell des In-situ-Versuchs modifiziert. Die Gasmessungen wurden begonnen, im FEBEX-Versuch wurden Laborversuche an ausgebauten Versatzproben unternommen. Die Arbeiten im „EFP“-Projekt wurden wie geplant beendet und die Ergebnisse auf dem ISCO-Meeting vorgestellt. Im „EBS“-Projekt (HRL Äspö) wurde mit den Experimenten zur Aufsättigung des Bentonits begonnen.
2. Im HRL Äspö wurde die Installation der Messketten im Projekt „Prototype Repository“ beendet und mit den Messungen in Sektion 1 begonnen. Die Kalibrierungen am Streckenversatz wurden abgeschlossen. Im FLG wurden die faseroptischen Sensoren (T, p, Feuchte) im GMT-Versuch installiert. Die Laborversuche zur Gasfreisetzung an FEBEX-Proben wurden fortgesetzt.
3. Im Projekt „GMT“ wurden die Versuchsdaten aus den Aufsättigungsphasen analysiert und das konzeptionelle Modell für den In-situ-Versuch anhand neuer Daten modifiziert. Zur Modellierung der Aufsättigung der Bentonit-Barriere wurde ein Code erstellt und Rechnungen durchgeführt. Im Vorhaben zur Weiterentwicklung der Methoden zur Berechnung von Gas-Wasser-Prozessen in geklüfteten Medien wurde ein auf einem Feldfall basierendes 3D-Kluftmodell erstellt und Weiterentwicklungen sowie Anwendungen des Perkolationsmodells vorgenommen.
4. Im HRL Äspö wurden mit der CHEMLAB-II-Sonde Versuche zur Ausbreitung von Aktiniden durchgeführt. Zur Messung der im Grundwasser des HRL vorkommenden Colloide wurde die im INE entwickelte mobile und mit einer Hochdruckzelle versehene LIBD-Sonde eingesetzt. Zur Untersuchung der Radionuklidrückhaltung in alterierten Kluftbereichen wurden feinkörnige Fraktionen aus Gesteinsgrus von Granitoiden gewonnen und mittels RDA analysiert. Die Sorptionsfähigkeit des Gesamtgesteins wurde experimentell an Äspö-Diorit und alteriertem Smålandgranit ermittelt. Die Arbeiten zur Anzucht der für das HRL Äspö typischen Biomasse wurden fortgesetzt. Wachstumskurven wurden aufgezeichnet und erste Charakterisierungen der Biomasse mit Lichtmikroskop und REM sowie durch molekularbiologische Untersuchungen vorgenommen. Des weiteren erfolgten erste Versuche zur Wechselwirkung der Biomasse mit U(VI).

4. Ergebnisse

Siehe Bericht zu den einzelnen Vorhaben in Kapitel 2.1.

5. Geplante Weiterarbeiten

1. Die Arbeiten im Projekt „Prototype Repository“ werden fortgesetzt. Im „GMT“-Projekt werden die Diffusions- und Permeabilitätsmessungen weitergeführt.
2. Im Projekt „Prototype Repository“ werden die Installationen im Buffer und im Versatz fortgesetzt und die Messungen in Sektion 2 begonnen. Im „GMT“-Versuch wird die Messung von Diffusion, Fluiddrücken und Wasserpermeabilität vorgenommen und die Datenaufnahme mit den faseroptischen Sensoren fortgesetzt.
3. Die Versuche zur Aufsättigung des Bentonits werden fortgesetzt und, begleitend dazu, das konzeptionelle Modell verbessert. Für die Modellierung von Gas-Wasser-Prozessen in geklüftetem Gestein werden numerische Simulationen durchgeführt und mit den Experimenten verglichen.
4. Zur Untersuchung der Rückhaltung von Radionukliden in alterierten Kluftbereichen werden Reversibilitätsversuche zur Sorption an Bauxit, AlOOH und $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ fortgeführt. Modellannahmen zu Kluftverbreitung und -oberflächen werden mit Daten zur Schadstoffrückhaltung einzelner Spezies zum Gesamt-Rückhaltevermögen der Äspö-Granitoide zusammengeführt. Neben Optimierungsarbeiten zur Biomassegewinnung und deren genetischer Charakterisierung sind weiterführende Arbeiten zur Bioakkumulation von Uran und Curium in Abhängigkeit vom pH-Wert und vom Leitelektrolyten geplant.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen


Siehe Berichte zu den einzelnen Vorhaben in Kapitel 2.1.

3 Verzeichnis der ausführenden Forschungsstellen



Bauhaus-Universität Weimar, Geschwister-Scholl-Straße 8, 99421 Weimar

- 02 C 0881 Experimentelle und numerische Untersuchungen des Langzeitverhaltens von Abschlussbauwerken im Salinar mit Bentonitgemischen als Dichtelement  148


Brandenburgische TU Cottbus, Universitätsplatz 3-4, 03013 Cottbus

- 02 C 0760 Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit Bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 4: Thermodynamische Modellierung, Abdichtsysteme von Altablagerungen, Gesamtbewertung Gefährdungspotential  128







Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Stilleweg 2, 30631 Hannover

- 02 C 0730 Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit Bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 1: Gesamtprojektkoordinierung, geochemische Untersuchungen und Monitoring  124
- 02 E 9218 Deutsch-Schweizerische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung (Felslabor Grimsel Phase V). Teilprojekt I: Effective Parameters (EFP); Teilprojekt II: Numerical Calculation of Two-Phase Flow  24


BUTEC Umwelttechnik GmbH, Im Kusterfeld 23/1, 71522 Backnang

- 02 E 9340 Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen  46




DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine

- 02 E 9249 Entwicklung und In-situ-Erprobung faseroptischer Überwachungssysteme unter dem Aspekt des Nachweises der Betriebssicherheit in einem Endlager  28
- 02 E 9511 Gegenüberstellung von Endlagerkonzepten im Salz und Tongestein (GEIST)  78
- 02 E 9521 Übertragung des Sicherheitsnachweiskonzeptes für ein Endlager im Salz auf andere Wirtsgesteine (ÜBERSICHT)  80
- 02 E 9531 Untersuchung Thermischer Expansions-Effekte (TEE) in Tonformationen  82
- 02 E 9571 Koordination geowissenschaftlicher Tätigkeiten in alternativen Wirtsgesteinen  90
- 02 E 9612 Anforderungen an die Standorterkundung für HAW-Endlager im Hartgestein  98



Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE), Eschenstraße 55, 31201 Peine

- 02 E 9289 Versuchsfeldaufwältigung und Rückgewinnung von Materialproben und Messeinrichtungen  36




Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52425 Jülich

- 02 W 6218 Entwicklung digitaler Safeguardstechniken zur Verbesserung der Effektivität und der Kosteneffizienz und Anpassung an das neue Safeguardssystem INFCIRC/540  160
- 02 W 6228 Das "Gestärkte Safeguardssystem" und die Nichtverbreitungs-Herausforderungen, Perspektiven und innovative Lösungsansätze  162
- 02 W 6232 Internationale Safeguards- und Technologiekontrolle unter neuen technologischen und politischen Rahmenbedingungen  164


Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe
--

- 02 C 0810 Entwicklung eines Messsystems zur Feuchtemessung in Bentonit-Abschlussbauwerken in salinärer Umgebung  134
- KWA 9901 Unterstützungsprogramm Granit  168








Forschungszentrum Rossendorf e.V. (FZR), Postfach 510119, 01314 Dresden
--

- 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  38
- 02 E 9471 Entwicklung einer mineralspezifischen Sorptions-Datenbank für Oberflächenkomplexierungsmodelle  70
- 02 E 9491 Wechselwirkung von Actiniden mit dominanten Bakterien des Äspö-Grundwasserleiters  74


Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (FhG), Leonrodstraße 54, 80603 München
--


- 02 C 0851 Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedeponien - Geosonar- und Ultraschallverfahren  142

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Schwertnergasse 1, 50455 Köln


- 02 C 0628 Modellrechnungen zur großräumigen dichteabhängigen Grundwasserbewegung  110
- 02 C 0669 Hydraulische Kennwerte von tonhaltigen Mineralgemischen zum Verschluss von Untertagedeponien  114
- 02 C 0689 Gasfreisetzung aus chemisch-toxischen Abfällen in Untertagedeponien  116
- 02 C 0710 Geochemisches Modell für Zn, Cd und Pb in salinaren Lösungen aus Abfalldeponien und Alt- und Umweltlasten  120
- 02 C 0830 Weiterentwicklung eines selbstverheilenden Salzversatzes als Komponente im Barriersystem Salinar  138
- 02 C 0912 Geochemische Modellierung des Langzeitverhaltens von silikatischen und aluminosilikatischen Materialien  154
- 02 E 9118 Untersuchungen zur hydraulisch wirksamen Auflockerungszone um Endlagerbereiche im Salinar in Abhängigkeit vom Hohlraumabstand und Spannungszustand  14

- 02 E 9138 Entwicklung eines Modells zur Beschreibung des geochemischen Milieus in hochsalinaren Lösungen  16
- 02 E 9148 Entwicklung eines Programms zur dreidimensionalen Modellierung des Schadstofftransports  18
- 02 E 9178 Aktualisierung sicherheitsanalytischer Rechenprogramme für Teilsysteme eines Endlagers (ARTE)  20
- 02 E 9198 Untersuchungen zur Gasausbreitung in den technischen Barrieren Beton und Bentonit sowie im Granit im Felslabor Grimsel (Phase V)  22
- 02 E 9239 Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern  26
- 02 E 9269 Abschließende Auswertung des Projektes „Thermische Simulation der Streckenlagerung / Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar“  32
- 02 E 9279 Geoelektrische Untersuchung der Aufsättigung von Bentonitbarrieren im HRL-Äspö-Projekt „Prototype Repository“  34
- 02 E 9390 Untersuchungen zur Gasentwicklung und -freisetzung aus dem Tonversatz sowie dessen Gas- und Wasserpermeabilität im Projekt "Full Scale Engineered Barriers Experiment in Crystalline Host Rock – Phase II" FEBEX II  54
- 02 E 9400 Untersuchungen zur Gasentwicklung und -freisetzung im Boom Clay in Mol im Projekt: "Integrated in Situ Corrosion Test on Alpha-Active High Level Waste Glass - Phase 2" CORALUS 2  56
- 02 E 9420 Laboruntersuchungen der gekoppelten hydraulisch-mechanischen Eigenschaften von Kernproben des Allovo-Oxfordian Tonsteins am Standort Meuse/Haute Marne im Projekt MODEX-REP  60
- 02 E 9430 Modellierung des Aufsättigungsverhaltens von Bentonit im Endlager im Kristallin, Mitarbeit in der Task Force "EBS" des HRL Äspö  62
- 02 E 9440 Entwicklung einer Methode zur verbesserten Rückhaltung von Iod und Selen im Nahbereich eines Endlagers  64
- 02 E 9461 Untersuchung der chemischen und hydrochemischen Wechselwirkungen von Ton/Zement-Systemen; ECOCLAY - Phase II  68
- 02 E 9541 Vorprojekt zur Beteiligung am Forschungsprogramm der ANDRA im URL Bure  84
- 02 E 9501 Geoelektrische Untersuchung der Entsättigung des Opalinustons im Ventilationsversuch im Mont Terri-Untertagelabor  76
- 02 E 9551 Anwendung von Transportprogrammen auf die Nuklidmigration in natürlichen Gesteinsformationen mit Feldmessungen  86
- 02 E 9561 Modellentwicklung zur Quellung hochkompakter Bentonite im Kontakt zu Lösungen unterschiedlicher Salinität im Temperaturbereich 25 - 120°  88
- 02 E 9592 Verbundprojekt: Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Spannungsumlagerungen (BARIAN) Phase 2  94


02 E 9602 Untersuchungen zur Gaserzeugung und -freisetzung sowie dem Wassergehalt und der Wasserverteilung im Erhitzerversuch im Opalinus-Ton des Mont Terri-Tunnels  96


02 E 9622 Anforderungen an die Standorterkundung für HAW-Endlager im Hartgestein  100

IfG Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Friederikenstr. 60, 04279 Leipzig


02 C 0649 Untersuchungen zur Langzeitsicherheit von UTD in Salzformationen der flachen Lagerung im Zusammenhang mit dem Verformungs- und Bruchverhalten -Phase III-  112

02 C 0892 Prognose der dynamischen Langzeitstabilität von Grubengebäuden im Salinar unter Berücksichtigung von Diskontinuitäts- und Schichtflächen  150


02 E 9259 Untersuchung des Spannungszustandes und des gebirgsmechanischen Verhaltens von Versatz und Wirtsgestein in Abhängigkeit von der Temperatur  30

02 E 9582 Verbundprojekt: Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Spannungsumlagerungen (BARIAN) Phase 2  92


IHU Geologie und Analytik Gesellschaft für Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH, Dr. Kurt-Schumacher-Straße 23, 39576 Stendal


02 C 0770 Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit Bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 5: Struktur- und hydrogeologische Analyse im Bergschadensgebiet Staßfurt - Entwicklung hydraulischer Sicherungs- und Sanierungskonzepte  130


Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA), Stilleweg 2, 30631 Hannover

02 C 0871 Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedeponien - Elektromagnetik, Georadar, Quantitative Charakterisierung von Problemzonen  146


Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung e.V., Permoserstr. 15, 04318 Leipzig

02 C 0709 Geochemische Untersuchungen zur Retention von geogenen/anthropogenen Kohlenstoffverbindungen für toxische Schwermetalle  118


02 E 9329 Komplexierung und Migration von Al, Ga, In, Sc, Y, La und Schwermetallen mit Huminsäure  42

02 E 9380 Migrations- und Sorptionsuntersuchungen geogener Lösungen in Wirtsgesteinsformationen (Tone, Tongestein, Salzgestein) mittels tomographischer Radiotracerverfahren (PET)  52


Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Saarstr. 21, 55099 Mainz

02 E 9309 Untersuchungen über das Komplexierungsverhalten von Huminsäuren und deren Einfluss auf die Migration von radioaktiven und nichtradioaktiven Stoffen  40


K+S Aktiengesellschaft , Friedrich-Ebert-Str. 160, 34111 Kassel

- 02 C 0516 Schachtverschlüsse für untertägige Deponien in Salzbergwerken  106
-Forschungsvorhaben Schachtverschluss Salzdetfurth Schacht SA II-





Kali-Umwelttechnik GmbH Sondershausen, Am Schacht II, 99701 Sondershausen

- 02 C 0750 Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit Bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 3: Bergschadensbewertung, Geohydraulik und Sanierungsmaßnahmen  126





Materialforschungs- und prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar, Amalienstraße 13, 99404 Weimar

- 02 C 0800 Entwicklung eines Messsystems zur Feuchtemessung in Bentonit-Abschlussbauwerken in salinärer Umgebung  132



TU Bergakademie Freiberg, Akademiestraße 6, 09596 Freiberg

- 02 C 0547 Entwicklung eines Grundkonzepts für langzeitstabile Streckenverschlussbauwerke im Salinar -Bau und Test eines Versuchsverschlussbauwerkes unter realen Bedingungen  108
- 02 C 0820 Zeitliche Veränderungen der Ausdehnung und der hydraulischen Eigenschaften von Auflockerungszonen um Hohlräume in Gesteinen mit viskoplastischen Eigenschaften  136
- 02 C 0902 Wissenschaftlich-technisches Programm für den Rückbau des in situ getesteten Versuchsverschlussbauwerkes in der Grube Sondershausen  152
- 02 E 9330 Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen  44


TU Clausthal, Adolph-Römer-Straße 2A, 38670 Clausthal-Zellerfeld

- 02 C 0720 Weiterentwicklung eines Prognosemodells zum Barriereintegritäts- und Langzeitsicherheitsnachweis für Untertagedeponien mit Berücksichtigung von Gefügeschädigung und Schädigungsverheilung auf der Grundlage der Continuum-Damage-Theorie  122
- 02 C 0841 Herkunft und Migration mineralgebundener Gase in marinen Evaporiten  140
- 02 E 9410 Transport und Rückhaltung von Schadstoffen in alterierten Kluftbereichen des HRL Äspö  58
- 02 E 9632 Laborative und numerische Grundlagenuntersuchungen zur Übertragbarkeit von Stoffmodellansätzen und EDV-Software für Endlager im Salzgestein auf Endlager im Tonstein  102


Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München

- 02 E 9360 Einfluss von Kolloiden auf die Migration von Actiniden  48
- 02 E 9450 Quantenmechanische Modellierung der aquatischen und Sorptions-Chemie von Aktinoiden  66

Universität Hannover, Welfengarten 1, 30060 Hannover

- 02 E 9481 Einsatz von Organo-Tonen als Adsorber für problematische Anionen in geotechnischen Barrieren  72

Universität Fridericiana zu Karlsruhe, Kaiserstraße 12, 76128 Karlsruhe

- 02 C 0922 Verschlussystem mit Äquipotenzialsegmenten für die untertägige Entsorgung (UTD und ELA) gefährlicher Abfälle zur Sicherstellung der homogenen Befeuchtung der Dichtelemente und zur Verbesserung der Langzeitstabilität  156

Universität Leipzig, Ritterstraße 26, 04009 Leipzig

- 02 C 0861 Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedeponien - Geoelektrik, Seismik, Geologie  144

Universität Stuttgart, Keplerstraße 7, 70049 Stuttgart

- 02 E 9370 Weiterentwicklung von Simulationstechniken für Gas-Wasser-Prozesse in geklüftet-porösen Medien auf der Feldskala  50