

**Forschungszentrum Karlsruhe
Technik und Umwelt**

PTE Nr. 21

Bericht über die im ersten Halbjahr 2001
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 2001

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 (BMWi) die Durchführung der Projektträgerschaft für den Programmbereich „Entsorgung“ übernommen.

Dieser umfasst das Förderkonzept „Forschungsförderung zur Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen“. Unter Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen wird hierbei die Endlagerung radioaktiver und die untertägige Entsorgung chemotoxischer Abfälle verstanden.

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

Endlagerung radioaktiver Abfälle	BMWi Referat III B3
Untertägige Entsorgung chemotoxischer Abfälle	BMBF Referat 421
Altlasten in Bergschadensgebieten	BMBF Referat 421
Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung	BMWi 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 Förderkonzept zugeordnet.

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

- E ⇒ „Endlagerung radioaktiver Abfälle“,
- C ⇒ „Untertägige Entsorgung chemotoxischer Abfälle“ und „Altlasten in Bergschadensgebieten“,
- W ⇒ „Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung“,

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

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

Inhaltsverzeichnis

1	Verzeichnis der Fördervorhaben gemäß FuE-Förderkonzepten.....	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	177
2.5	BMWi-HAUSVORHABEN	181
3	Verzeichnis der ausführenden Forschungsstellen.....	186

1 Verzeichnis der Fördervorhaben gemäß FuE-Förderkonzepten

1.1 Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen

1.1.1 Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheits Gesichtspunkten

02 C 0516	Schachtverschlüsse für untertägige Deponien in Salzbergwerken - Forschungsvorhaben Schachtverschluss Salzedfurth Schacht SA II	Kali und Salz Beteiligungs AG Kassel	 106
02 C 0547	Entwicklung eines Grundkonzepts für langzeitstabile Streckenverschlussbauwerke im Salinar -Bau und Test eines Versuchsverschlussbauwerkes unter realen Bedingungen-	TU Bergakademie Freiberg	 112
02 C 0800	Entwicklung eines Messsystems zur Feuchtemessung in Bentonit-Abschlussbauwerken in salinärer Umgebung	Materialforschungs- und prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar	 168
02 C 0810	Entwicklung eines Messsystems zur Feuchtemessung in Bentonit-Abschlussbauwerken in salinärer Umgebung	Forschungszentrum Karlsruhe GmbH	 170
02 C 0830	Weiterentwicklung eines selbstverheilenden Salzversatzes als Komponente im Barriersystem Salinar	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	 174
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	 22
02 E 9188	Untersuchungen zur Gas- und Wasserfreisetzung und der Wasserverteilung im Erhitzerversuch im OPALINUS-Ton des Mont Terri-Tunnels	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	 36
02 E 9350	Vergleichende Bewertung von Entsorgungsoptionen für radioaktive Abfälle	Gruppe Ökologie, Hannover	 74
KWA 9901	Unterstützungsprogramm Granit	Forschungszentrum Karlsruhe GmbH	 182

1.1.2 Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien

02 C 0527	In-situ-Ermittlung von Strömungskennwerten natürlicher Salzgesteine in Auflockerungszonen gegenüber Gas und Salzlösungen unter den gegebenen Spannungsbedingungen im Gebirge	TU Bergakademie Freiberg	📖 108
02 C 0537	Entwicklung und In-situ-Test akustischer Verfahren zur zerstörungsfreien Beurteilung von Auflockerungs-zonen im Salinar	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., München	📖 110
02 C 0558	Komplexes Mess- und Auswertinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und UTD im Salinar - Geologie, Einbeziehung von Geoelektrik und Seismik	Universität Leipzig	📖 114
02 C 0568	Komplexes Mess- und Auswertinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und Untertagedeponien im Salinar; Einbeziehung von Sonarverfahren	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., München	📖 117
02 C 0578	Komplexes Mess- und Auswertinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und UTD im Salinar - Einbeziehung elektromagnetischer Verfahren	Nieders. Landesamt für Bodenforschung -Geowissenschaftl. Gemeinschaftsaufgaben-, Hannover	📖 119
02 C 0588	Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des grubenraumnahen Gebirges in Verbindung mit der Planung von Damm- und Verschlussbauwerken im Salinar –Teil A: Mechanische Modellbildung und mechanisch-hydraulische Tragwerksanalyse-	TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	📖 121
02 C 0598	Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des grubenraumnahen Gebirges in Verbindung mit der Planung von Damm- und Verschlussbauwerken im Salinar –Teil B: Hydraulische Modellbildung-	TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	📖 123
02 C 0608	Geochemische Barriereeffizienz im anaeroben Deponie-nahfeld einer UTD (Geochemische Barriere)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 126
02 C 0618	Erstellung einer Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung geochemischer Informationen zum Verhalten von Abfallinhaltsstoffen im Deckgebirge einer UTD/UTV (Sorptionsdatenbank Chemieabfälle)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 128

02 C 0628	Modellrechnungen zur großräumigen dichteabhängigen Grundwasserbewegung	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 130
02 C 0639	Prognose der dynamischen Langzeitstabilität von Grubengebäuden im Salinar	IfG, Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig	📖 132
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	📖 135
02 C 0659	Langzeitstabilität von Tondichtungen in Salzformationen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 137
02 C 0669	Hydraulische Kennwerte von tonhaltigen Mineralgemischen zum Verschluss von Untertagedeponien	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 140
02 C 0679	Erstellung und Nutzung einer Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung methoden-abhängiger Informationen zum Mobilisationsverhalten und zum Schadstoffpotential von organisch und anorganisch belasteten Feststoffen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 142
02 C 0689	Gasfreisetzung aus chemisch-toxischen Abfällen in Untertagedeponien	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 144
02 C 0699	Untersuchungen zur Entwicklung, Anwendung und Eignung von mineralischen Gelen und Bindemittelsystemen auf Sorelbasis zur Einbettung und Sorption schadstoffhaltiger Abfallstoffe und zur Verbesserung der Barrierewirkung von Versatz	Kali-Umwelttechnik GmbH Sondershausen	📖 146
02 C 0709	Geochemische Untersuchungen zur Retention von geogenen/anthropogenen Kohlenstoffverbindungen für toxische Schwermetalle	Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung e.V., Leipzig	📖 148
02 C 0710	Geochemisches Modell für Zn, Cd und Pb in salinaren Lösungen aus Abfalldeponien und Alt- und Umweltlasten	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 151
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	TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	📖 153
02 C 0820	Zeitliche Veränderung der Ausdehnung und der hydraulischen Eigenschaften von Auflockerungszonen um Hohlräume in Gesteinen mit visko-plastischen Eigenschaften	TU Bergakademie Freiberg	📖 172

02 E 9057	Wirksamkeit der Abdichtung von Versatzmaterialien – Technikums- und In-situ-Versuche am Dreistoffsystem polymineralisches Salzgestein- Versatzstoff-Fluid-	Kali-Umwelttechnik GmbH Sondershausen	📖 14
02 E 9098	Entwicklung und Erprobung von zerstörungsfreien seismischen In-situ-Methoden zur Beurteilung der geomechanischen und hydraulischen Gebirgseigenschaften in der Umgebung untertägiger Hohlräume in Endlagerformationen	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover	📖 17
02 E 9108	Untersuchungen zur Radionuklidfreisetzung und zum Korrosionsverhalten von bestrahltem Kernbrennstoff aus Forschungsreaktoren unter Endlagerbedingungen	Forschungszentrum Jülich GmbH	📖 19
02 E 9128	Tertiäre Sedimente als Barriere für die U/Th-Migration im Fernfeld von Endlagern	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 24
02 E 9138	Entwicklung eines Modells zur Beschreibung des geochemischen Milieus in hochsalinaren Lösungen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 26
02 E 9148	Entwicklung eines Programms zur dreidimensionalen Modellierung des Schadstofftransportes	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 28
02 E 9158	Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Spannungsumlagerungen (BARIAN)	IfG, Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig	📖 30
02 E 9168	Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Gebirgsspannungsumlagerungen (BARIAN)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 32
02 E 9178	Aktualisierung sicherheitsanalytischer Rechenprogramme für Teilsysteme eines Endlagers (ARTE)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 34
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	📖 39
02 E 9208	Felslabor Grimsel (Phase V): Effektive Parameter (EFP) - Begleitende geoelektrische Untersuchungen-	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 41
02 E 9218	Deutsch-Schweizerische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung (Felslabor Grimsel Phase V). Teilprojekt I: Effektive Parameters (EFP); Teilprojekt II: Numerical Calculation of Two-Phase Flow.	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover	📖 43

02 E 9239	Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 45
02 E 9249	Entwicklung und In-situ-Erprobung faseroptischer Überwachungssysteme unter dem Aspekt des Nachweises der Betriebssicherheit in einem Endlager	Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE), Peine	📖 48
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	📖 50
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	📖 52
02 E 9279	Geoelektrische Untersuchung der Aufsättigung von Bentonitbarrieren im HRL-Äspö-Projekt „Prototype Repository“	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 54
02 E 9289	Versuchsfeldaufwältigung und Rückgewinnung von Materialproben und Messeinrichtungen	Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE), Peine	📖 54
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	📖 58
02 E 9309	Untersuchungen über das Komplexierungsverhalten von Huminsäuren und deren Einfluss auf die Migration von radioaktiven und nichtradioaktiven Stoffen	Johannes Gutenberg-Universität, Mainz	📖 61
02 E 9319	Erweiterung der Datenbasis zur thermodynamischen Modellierung der Reaktionen CaSO ₄ -haltiger Minerale und des Glaserits bei Temperaturen bis 200°C	TU Bergakademie, Freiberg	📖 63
02 E 9329	Komplexierung und Migration von Al, Ga, In, Sc, Y, La und Schwermetallen mit Huminsäure	Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung e.V., Leipzig	📖 66
02 E 9330	Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen	TU Bergakademie Freiberg	📖 69
02 E 9340	Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen	Battelle Ingenieurtechnik GmbH, Frankfurt	📖 72

02 E 9360	Einfluss von Kolloiden auf die Migration von Actiniden	TU München	📖 76
02 E 9370	Weiterentwicklung von Simulationstechniken für Gas-Wasser-Prozesse in geklüftet-porösen Medien auf der Feldskala	Universität Stuttgart	📖 78
02 E 9380	Migrations- und Sorptionsuntersuchungen geogener Lösungen in Wirtsgesteinsformationen (Tone, Tongestein, Salzgestein) mittels tomographischer Radiotracerverfahren (PET)	Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung e.V., Leipzig	📖 80
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	📖 82
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	📖 84
02 E 9410	Transport und Rückhaltung von Schadstoffen in alterierten Kluftbereichen des HRL Äspö	TU-Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	📖 86
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	📖 88
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	📖 90
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	📖 92
02 E 9450	Quantenmechanische Modellierung der aquatischen und Sorptions-Chemie von Aktinoiden	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 94
02 E 9461	Untersuchung der chemischen und hydrochemischen Wechselwirkungen von Ton/Zement-Systemen; ECOCLAY - Phase II	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 96
02 E 9471	Entwicklung einer mineralspezifischen Sorptions-Datenbank für Oberflächenkomplexierungsmodelle	FZR, Forschungszentrum Rossendorf, Dresden	📖 98
02 E 9481	Einsatz von Organo-Tonen als Adsorber für problematische Anionen in geotechnischen Barrieren	Universität Hannover	📖 100
02 E 9491	Wechselwirkung von Actiniden mit dominanten Bakterien des Äspö-Grundwasserleiters	FZR, Forschungszentrum Rossendorf, Dresden	📖 102

1.1.3 Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung

02 W 6228 Das "gestärkte Safeguardssystem" und die Nichtverbrei- **Forschungszentrum** 178
tungs-Herausforderungen -Perspektiven und innovative **Jülich GmbH**
Lösungsansätze-

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	BGR Hannover	 155
02 C 0740	Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 2: Gebirgsmechanische Analyse des Bergschadensgebietes Staßfurt	TU Clausthal	 157
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	K-UTEC Sondershausen	 159
02 C 0760	Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 4: Thermodyn. Modellierung, Abdichtungssysteme von Altablagerungen, Gesamtbewert. Gefährdungspotential	Brandenburgische TU, Cottbus	 161
02 C 0770	Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 5: Struktur- und hydrogeol. Analyse im Bergschadensgebiet Staßfurt - Entwicklung hydraulischer Sicherungs- und Sanierungskonzepte	IHU Geologie und Analytik Gesellschaft f. Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH, Stendal	 164
02 C 0780	Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 6: Geophysikalische Erkundung - Seismik	Geophysik GGD - Gesellschaft für Geowissenschaftliche Dienste mbH, Leipzig	 166

2 Formalisierte Zwischenberichte

2.1 E-Vorhaben

Zuwendungsempfänger: K-UTEC , Am Petersenschacht 7, 99706 Sondershausen		Förderkennzeichen: 02 E 9057
Vorhabensbezeichnung: Wirksamkeit der Abdichtung von Versatzmaterialien - Technikums- und In-situ- Versuche am Dreistoffsystem polymineralisches Salzgestein- Versatzstoff-Fluid-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.1998 bis 31.07.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.650.520,00 DM	Projektleiter: Dr. Scherzberg	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Arbeitspaket 1:

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

Arbeitspaket 2:

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

Arbeitspaket 3:

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Beendigung der Löseversuche entsprechend AP 2.1 und deren Auswertung.
- Beendigung der Standversuche AP 2.4.
- Untersuchungen für das AP 3. Die Versuche mit den Drucksäulen wurden planmäßig fortgeführt. Die Versuchsdurchführung beinhaltete unterschiedliche Gelrezepturen, wobei ein Schwerpunkt der Aufbau des Gelkörpers in der Säule selbst war. Praktiken wie Ansatz einer Trockenmischung aus Salz und Bindemittel mit nachträglichem Einbringen der fluiden Phase oder die Fertigung von Stampfmischungen wurden erprobt. Die dabei angewendete Druckbeaufschlagung mit NaCl-Lösung auf den ausgehärteten Gelkörpern erfolgte bei allen Versuchen analog, um vergleichbare Versuchsergebnisse zu erhalten.

- Beendigung und Auswertung der Versickerungsversuche zur k_F -Wert Bestimmung in länger abgelagertem und frisch eingebrachten Pumpversatz
- Dokumentation des Nachweises des Langzeitverhaltens von Altversatz in der Grube Bleicherode wurde fortgesetzt
- Beendigung und Auswertung der Stabilitätsversuche mit 4 verschiedenen Versatzstoffen unter Fluidangriff in der Grube Bischofferode
- Beendigung und Auswertung der 4 Versuche zur Ermittlung der Abdichtwirkung von Versatz im m^3 Maßstab mit und ohne Salzgrus in der Grube Bleicherode
- Fortsetzung der Versuche in Zusammenarbeit mit der GRS – Braunschweig. In diesen Versuchen werden Hartsalzpresslinge in Standversuchen in Kontakt mit einer Lauge mit vorgegebener Konzentration gebracht. Es wird ein zu erwartender Selbstversatz durch Volumenzunahme der festen Phase untersucht.

4. Ergebnisse

AP 1: Ist abgeschlossen und wissenschaftlich ausgewertet.

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

AP 2.2, 2.3: Ist abgeschlossen und wissenschaftlich ausgewertet.

AP 2.4: Es wurden weitere Ergebnisse der Langzeituntersuchungen gewonnen. Der Lösefortschritt kam während der Untersuchungen nahezu zum Stillstand. Die Einwirkung der Fluide wurde mittels Analysen und fotografisch festgehalten. Die Untersuchungen der Beschaffenheit der sich neu bildenden Salze findet im Labor der KUTEC statt.

Es ist deutlich zu erkennen, dass sich die natürlichen Salzgesteine (Carnallit und Hartsalz) in Abhängigkeit des Fluidangriffes (M- bzw. Q-Lösung) teilweise mehr entfestigen, als die ausgewählten Versatzstoffe. Am widerstandsfähigsten zeigte sich hierbei der verwendete Gelkörper.

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

Diese Ergebnisse konnten auch durch den weiteren Säulenversuchen bestätigt werden. Die gewonnenen k_F -Werte bestätigen die Abdichtwirkung der Versatzstoffsysteme.

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

Es konnte gezeigt werden, dass sich Gelsysteme als abdichtender Versatz in offenen salinaren Hohlräumen eignen und somit einen sicheren Abschluss im Falle eines Fluideinbruches darstellen.

5. Geplante Weiterarbeiten

Weiterarbeiten wie im Arbeitsplan angegeben.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: BGR, Stilleweg 2, 30655 Hannover		Förderkennzeichen: 02 E 9098	
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung und Erprobung von zerstörungsfreien seismischen In-situ-Methoden zur Beurteilung der geomechanischen und hydraulischen Gebirgseigenschaften in der Umgebung untertägiger Hohlräume in Endlagerformationen			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1998 bis 31.12.2001		Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 734.007,00 DM		Projektleiter: Dr. Lüdeling	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP A „Salz“:

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

AP B „Kristallin“:

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

AP C „Sedimentgestein“:

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

AP D „Synthese“:

Zusammenfassende Beschreibungen und vergleichende Bewertungen.

3. Durchgeführte Arbeiten

Im Felslabor Mont Terri wurden im Juni 2001 in einem neu aufgefahrenen Streckenstummel (EB-Tunnel, Engineered Barrier Experiment) verschiedene seismische Methoden zur Bestimmung der ALZ eingesetzt: Intervallgeschwindigkeitsmessungen, Downhole- und Cross-hole-Messungen, Tomographie sowie refraktionsseismische Messungen (u.a. Einsatz verschiedener Quellen und Empfänger). Der kombinierte Einsatz soll einen besseren Vergleich mit den kurz danach durchgeführten Geoelektrikmessungen ermöglichen.

Darüber hinaus wurden Intervallgeschwindigkeitsmessungen in einigen der 1998 und 1999 vermessenen Bohrungen wiederholt.

Anpassung der vielkanaligen Apparatur inkl. Verstärker und Zubehör für den Untertageeinsatz. Anpassung seismischer Auswertesoftware. Modifikation der mechanischen Impulsquelle, Durchführung von Tests.

Datenauswertung und Präsentation von Ergebnissen.

4. Ergebnisse

Erste, rein qualitative Analysen der refraktionsseismischen Testmessungen im FL Mont Terri zeigen die Auflockerungszone in Form erniedrigter Geschwindigkeiten.

5. Geplante Weiterarbeiten

Wiederholung der refraktionsseismischen Messungen im EB-Streckenstummel des FL Mont Terri zur Beurteilung der zeitlichen Entwicklung der ALZ. Kleinere Modifikationen an der vielkanaligen Apparatur und an der Quelle. Datenauswertung und Erstellung des Abschlussberichts.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Schuster, K., H.-J. Alheid, D. Böddener, P. Eichhorn, T. Spies and D. Heidrich, 2001: Seismic Investigations of the EDZ and Acoustic Emission Measurements in the New Gallery, Technical Note 2000-61, Mt.-Terri-Project, International Research Project in the Mont Terri Reconnaissance Gallery for the Hydrological, Geochemical and Geotechnical Characterisation of an Argillaceous Formation (Opalinus Clay) 50 pages.

Schuster, K., H.-J. Alheid, P. Eichhorn and D. Böddener, 2001: In-situ-seismic in the new shaft at the Underground Research Facility Mol / Belgium, BGR-Bericht, im Druck.

Zuwendungsempfänger: FZ-Jülich, 52425 Jülich		Förderkennzeichen: 02 E 9108
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Radionuklidfreisetzung und zum Korrosionsverhalten von bestrahltem Kernbrennstoff aus Forschungsreaktoren unter Endlagerbedingungen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.1998 bis 30.11.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.424.962,00 DM	Projektleiter: Dr. Fachinger	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Zu 2: Weitere Korrosionsexperimente wurden durchgeführt.

Zu 3: Die vier Auslaugversuche mit bestrahlten MTR-BE wurden fortgesetzt.

Zu 4: Die Einrichtung der Zelle wurde abgeschlossen. Mit der Untersuchung der Remobilisierung aus den Korrosionsrückständen wurde begonnen.

Zu 5: Die Korrosionsrückstände aus AP2 wurden eingehend untersucht.

Zu 6: Die Sorptionsversuche unter anaeroben Bedingungen mit verschiedenen Feststoffmatrixen (Korund, Haematit und Magnetit) und Solventien wurden fortgeführt.

4. Ergebnisse

- Zu 3: Bei den Auslaugversuchen mit konz. $MgCl_2$ -Lauge in Gegenwart von GGG40 unter anaeroben Bedingungen wurde im Gegensatz zu den aerob durchgeführten Versuchen zuerst ^{137}Cs vollständig mobilisiert; nach dem geplanten Versuchsende (nach ca. 1 Jahr) erfolgte jedoch eine Immobilisierung von ^{137}Cs .
- Zu 5: Durch weitere Röntgenbeugungsuntersuchungen konnten Hydrotalkitphasen auch in den Korrosionsprodukten ohne vorherige Dialyse nachgewiesen werden. Durch diesen direkten Nachweis kann die ausschließliche Bildung von Hydrotalkit durch Dialyse definitiv verneint werden. Eine eindeutige Zuordnung zu bekannten Hydrotalkiten ist bisher nicht möglich, da die Schichtabstände der Hydrotalkite durch die komplexe Laugenzusammensetzung beeinflusst werden.
- Zu 6: Bei Sorptionsuntersuchungen in Granitwasser konnte eine quantitative Sorption von Americium an Korund, Magnetit und Hämatit nachgewiesen werden. Die Sorption wird durch den pH-Wert beeinflusst, ist aber unabhängig von der Ionenstärke des Solvens.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Zu 2: Die Versuche an den anderen Proben werden voraussichtlich im 3. Quartal 2001 beendet, und anschließend die Korrosionsprodukte isoliert und charakterisiert.
- Zu 3: Aufgrund der verzögerten Immobilisierung von ^{137}Cs sollen die noch laufenden Auslaugexperimente bis Projektende fortgeführt werden.
- Zu 4: Fortführung der Remobilisierungsversuche.
- Zu 5: Synthese von Hydrotalkiten für Vergleichsuntersuchungen, damit eine Identifizierung der Hydrotalkite in den sekundären Phasen möglich wird. Weitere spektroskopische und röntgenographische Untersuchungen an den Korrosionsprodukten.
- Zu 6: Fortführung der Sorptionsuntersuchungen, insbesondere mit Hydrotalkiten als Festphase.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

H. Curtius, J. Fachinger,

Bildung von Hydrotalkiten bei der hydrolytischen Korrosion von Aluminium in konzentrierten Magnesiumchloridlaugen, Speichermineraltagung, 19.-20. März 2001, Halle (Saale)

H. Brücher, H. Curtius, J. Fachinger,

Untersuchungen zur Radionuklidfreisetzung und zum Korrosionsverhalten von bestrahltem Kernbrennstoff aus Forschungsreaktoren unter Endlagerbedingungen. Beitrag im PtWT+E-Bericht: Untertägige Entsorgung - 5. Projektstatusgespräch zu FuE-Vorhaben auf dem Gebiet der Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen, Leipzig, 15./16. Mai 2001, FZKA-PTE Nr. 7.

H. Brücher, H. Curtius, J. Fachinger,

Transactions 5th Topical Meeting on Research Reactor Fuel Management, April 1 to 3, 2001 Aachen, Germany, ENS RRFM 2001, pp. 99-103

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.011.402,00 DM		Projektleiter: Dipl.-Phys. 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.

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

- AS3: Die Gebirgsspannungsmessungen mittels Überbohrverfahren wurden an den Versuchsorten Dammjoch (700-m-Sohle) und Kammer 8b (532-m-Sohle) durchgeführt. Damit sind diese Messungen komplett abgeschlossen. Sie erfordern allerdings noch eine aufwendige Auswertung.
- AS4: Die Permeabilitätsmessungen in der Dammjochstrecke wurden abgeschlossen. Auf der 532-m-Sohle wurden die Bohrlöcher für die Permeabilitätsmessungen gebohrt.
- AS5: Die Datenerfassungsanlage für das System für Permeabilitätsmessungen im unmittelbaren Streckennahbereich wurde komplettiert und in die AHE-Strecke auf der 800-m-Sohle gebracht. Die Messungen beginnen in den kommenden Wochen.

4. Ergebnisse

- AS3: Die standardmäßige elastische Auswertung der Überbohrversuche ist naturgemäß für Steinsalz mit seinem ausgeprägten viskoplastischen Materialverhalten nicht adäquat. Aus diesem Grund ist eine Auswertung mittels entsprechender Modellansätze notwendig, die mittels Finite-Element-Modellierung durchgeführt wird. Ergebnisse hierzu liegen noch nicht vor.
- AS4: Die bisherigen Ergebnisse zur Permeabilität an Versuchsort Dammjoch, die im Bereich der offenen Strecke hinter dem Dammjoch eine ausgeprägte Auflockerungszone von 1.5 m Ausdehnung und Permeabilität bis über 10^{-16} m^2 zeigen, wurden bestätigt. Ab 1.5 m Tiefe ist die Permeabilität kleiner als 10^{-20} m^2 . Im Bereich des Tübbingausbaus beträgt die Permeabilität in der Sohle weniger als 10^{-19} m^2 .

5. Geplante Weiterarbeiten

Im kommenden Halbjahr werden die Permeabilitätsmessungen an Kammer 8b begonnen. Mit dem System zur Permeabilitätsmessung im unmittelbaren Streckennahbereich werden Gas- und Flüssigkeitsinjektionstests durchgeführt. Die In-situ-Messungen sollen weitgehend in 2001 abgeschlossen werden. In 2002 schließen sich Laboruntersuchungen, Auswertungen und Modellierung an.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9128
Vorhabensbezeichnung: Tertiäre Sedimente als Barriere für die U/Th-Migration im Fernfeld 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: 01.07.1998 bis 31.08.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.424.695,00 DM	Projektleiter: Dr. Noseck	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Durchführung weiterer Arbeitstreffen mit den beteiligten Instituten zur Diskussion aller bisherigen Ergebnisse.
- Initiierung und Durchführung weiterer spezieller Untersuchungen an Wasserproben vom Standort Ruprechtov:
 - Bestimmung der Edelgasgehalte in Grundwässern der Horizonte NA4 und NA5 zur Analyse der Temperatur zum Zeitpunkt der Infiltration (Unterscheidung glaziales oder holozänes Alter)
 - $\delta^2\text{H}$ und $\delta^{18}\text{O}$ - Analysen aus Brunnen- und Quell-Wässern im Umkreis des Standortes zur Ermittlung der typischen Hintergrundkonzentrationen beider Isotope in Niederschlagswässern.
 - Anreicherung der Uranisotope in Grundwasserproben der Horizonte NA4 und NA5 und Bestimmung des $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -Verhältnisses.
- Ermittlung der Elementverteilung in Sedimentproben aus 4 Bohrungen am Standort Heselbach
- Literaturoswertung über geochemische Eigenschaften der umliegenden Granite und Basaltgesteine zur Identifikation der primären Uranquelle.
- Diskussion und Festlegung neuer Bohrprogramme an den Standorten Ruprechtov und Heselbach.
- Auswertung und Interpretation aller Ergebnisse und Beginn der Dokumentation des Projektabschlussberichtes.

4. Ergebnisse

Ruprechtov:

- Die Ergebnisse aus den Sorptions-/Desorptionsexperimenten bestätigen die Erkenntnisse aus den Experimenten zur sequentiellen Extraktion, dass nur ein geringer Anteil des Urans reversibel sorbiert ist.
- Die C-14-Messung an jeweils einer Probe aus NA4 und NA5 ergeben ein Grundwasser-Alter in beiden Horizonten im Bereich von 20 000 bis 30 000 Jahren. Eine Bestätigung dieser Alter über die Bestimmung von Edelgaskonzentrationen in den Wässern ist in Bearbeitung.
- Die Urangelhalte und U/Th-Verhältnisse in den Graniten des Karlovy-Vary-Typs, der am Standort Ruprechtov vorherrscht, sind deutlich höher als in anderen Graniten, auch des Erzgebirges. Demnach stellt der Karlovy-Vary-Granit mit hoher Wahrscheinlichkeit die primäre Uranquelle dar.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Auswertung der Edelgasmessungen in den Grundwasserproben aus beiden Horizonten.
- Vorbereitung der neuen Bohrkampagnen an den Standorten Ruprechtov und Heselbach. Durchführung im Rahmen eines Nachfolgeprojekts.
- Anfertigung des Projektabschlussberichtes.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

U. Noseck, Th. Brasser: Tertiäre Sedimente als Barriere für die U/Th-Migration im Fernfeld von Endlagern. Beitrag im PtWT+E-Bericht: Untertägige Entsorgung - 5. Projektstatusgespräch zu FuE-Vorhaben auf dem Gebiet der Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen, Leipzig, 15./16. Mai 2001, FZKA-PTE Nr. 7.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.748.697,00 DM	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 damit begonnen, ein Modul zu schreiben, das geochemische Rechnungen mit dem Programmpaket CHEMAPP und Transportrechnungen miteinander verbindet. Das verwendete Transportmodul LOPOS wird zur Zeit dahingehend modifiziert, dass unterschiedliche Redoxstufen eines Elementes voneinander unterschieden werden. Ferner wird als abhängige Variable fortan nicht mehr das Bequerel sondern die Stoffmenge in Mol verwendet. Löslichkeitsversuche von Fe(II) in binären und ternären Lösungen der ozeanischen Salze wurden fortgeführt, insbesondere, um bisherige Ergebnisse zu ergänzen bzw. den Nachweis zu erbringen, dass thermodynamische Gleichgewichte erreicht wurden.

4. Ergebnisse

Bisherige Ergebnisse aus Löslichkeitsversuchen im System Fe(II)-Na,K,Mg,Ca-Cl,SO₄-H₂O ergaben, dass die Gleichgewichtseinstellung für einige Mineralphasen erheblich länger dauert, als zunächst angenommen. Im System Fe(II)-K-SO₄-H₂O ist es gelungen, die Jarosit-Bildung zu unterdrücken. Aus isopiesticen Daten für das System Fe(II)-Na,K,Mg,Ca-Cl-H₂O wurde ein erster Satz von Pitzerkoeffizienten erstellt.

5. Geplante Weiterarbeiten

Planung und Durchführung von Löslichkeitsexperimenten mit Bleisulfid in hochsalinaren Lösungen. Fortführung der Löslichkeitsversuche für Fe(II). Isopiestiche Untersuchung des Systems Fe(III)-Na,K,Mg,Ca-Cl,SO₄-H₂O. Fortführung der Programmierarbeiten zur Kopplung von geochemischen- und Transportrechnungen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

in Vorbereitung

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9148
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung eines Programms zur dreidimensionalen Modellierung des Schadstofftransportes		
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 31.12.2002	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 4.724.211,00 DM	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 Anwenderhandbuchs und der Dokumentation
- Durchführung regelmäßiger Statusgespräche
- Ab- und Übernahme des Programms
- Berichtswesen

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Die a posteriori Fehlerschätzer wurden auf ein System gekoppelter DGL für reaktiven Transport erweitert und Restriktions- und Prolongationsregeln abgeleitet. Die Gitteradaption wurde implementiert und erste Testrechnungen erfolgreich durchgeführt.

Die Diskretisierung und die Löser wurden durch Operatorsplitting und Charakteristikenmethoden verbessert. Weiterhin wurden flussbasierte MOC-Methoden zur Überwindung des Courant-Kriteriums untersucht. Für diese neuen Methoden wurden numerische Tests durchgeführt.

Die Benutzerschnittstelle DAT (**D**aten**A**nalyse **T**ool) wurde um die Definition eigener Funktionen erweitert. Es können mehrere DATs gleichzeitig benutzt werden. MULTIDIM (**MULTIDIM**ensional Data) wurde auf die Darstellung durch Partikelmethode umgestellt. Die Bilanzierungsmöglichkeiten wurden auch auf Volumenintegrale erweitert. Die Dokumentation von DAT und MULTIDIM wurde begonnen. Mit Hilfe von Grape können jetzt 2D-Daten für beliebige Schnittebenen aus 3D-Datensätzen extrahiert und dargestellt werden.

Die Erstellung des fachlichen Feinkonzeptes wurde weitergeführt und die Realisierung der graphischen Bedienungsfläche mit Java weitgehend abgeschlossen. Weiterhin wurden Testfälle definiert und die benötigten Daten bereitgestellt. Die erste Programmversion wurde übernommen und einfache Testrechnungen durchgeführt. Die Speziationsmodule und ihre Schnittstellen zum Transportcode wurden konzipiert, erstellt und getestet. Inzwischen wurden die Module zur Implementierung in das Transportprogramm an die Programmentwickler übergeben.

Am 26. / 27. Juni 2001 fand in Bonn das 5. 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

Geiser, J.: Numerical simulation of a model for transport and reaction of radionuclides. Proceeding of LSSC 01, 2001.

Frolkovic, P.: Flux-based method of characteristics for complex transport problems. 6th SIAM Conference on Mathematical and Computational Issues in Geosciences, 11 - 14 June 2001, Boulder, Colorado, USA.

Klöfkom, R.; Kröner, D.; Ohlberger, M.: Local adaptive methods for convection dominated problems. Proceedings of the ICFD Conference on Numerical Methods for Fluid Dynamics, Oxford (2001).

Auftragnehmer: IfG, Friederikenstr. 60, 04279 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 E 9158	
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Spannungsumlagerungen (BARIAN)			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.1998 bis 31.12.2001		Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.576.387,00 DM		Projektleiter: Dr. Kamlot	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In einem Gemeinschaftsvorhaben mit der GRS, Bereich Endlagersicherheitsforschung, werden an einem Hauptanhydritaufschluss, der in den nächsten Jahren infolge Abbaueinfluss erhöhten Gebirgsspannungen ausgesetzt wird, der Spannungszustand, die Hohlraumkonvergenz und die Klüftpermeabilität 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 Klüftströmung im Anhydrit untersucht, wobei die In-situ-Messwerte der Modellüberprüfung dienen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Weiterführung und Zwischenauswertung der Konvergenzmessungen.
- Begleitung der Bohrlochschlitzmessungen im Anhydrit.
- Spannungs- und Permeabilitätsmessungen im kompakten und geklüfteten Anhydrit.
- Rissortung mit der Schallemissionsanalyse.
- Kluftaufnahme mit der Bohrlochkamera.

4. Ergebnisse

Während die Konvergenzmessungen in der Zufahrt zum Anhydritmessort bereits einen deutlichen Beleg für eine Erhöhung der Gebirgsspannungen aufgrund der Annäherung der Abbaufont liefern, ist auf Basis der Spannungs- und Permeabilitätsmessungen im Steinsalz und Anhydrit noch kein Einfluss feststellbar. Der Arbeitsschwerpunkt im zurückliegenden Berichtszeitraum lag deshalb bei der Erhöhung der Auflösungsgenauigkeit der Messverfahren. Weiterhin wurden unterschiedliche Messverfahren zur Absicherung der Ergebnisse eingesetzt.

Die durchgeführten Modellrechnungen lassen erwarten, dass sich erst im Jahr 2003, wenn die dem Messort mit einem Abstand von 100 m nächstgelegene Kammer abgebaut ist, eine signifikante Erhöhung der Maximalspannung um etwa 2 MPa einstellen wird. Die Minimalspannung wird sich, wie bereits in Auswertung der Hydrofrac-Spannungs Sondierungen geschlussfolgert, nicht wesentlich verändern.

5. Geplante Weiterarbeiten

Entsprechend der Vorhabensbeschreibung.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Zuarbeit zu einer Präsentation anlässlich des USDOE-German Workshops in Carlsbad, New Mexico, 25. – 27.04.01

Vortrag zum PtWT + E – Statusgespräch am 15.-16. Mai in Leipzig

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9168	
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Gebirgsspannungsumlagerungen (BARIAN)			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.1998 bis 31.08.2001		Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.858.178,00 DM		Projektleiter: Dr. Flach	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Das Salzbergwerk Bernburg, in dem im NW des westlichen Abbaufeldes die Messungen der durch bergbauliche Aktivitäten induzierten Seismizität stattfinden, ist ein produzierendes Bergwerk. Es ist daher verständlich, dass die wissenschaftlichen Ziele der Salzproduktion untergeordnet werden müssen. Wegen der Errichtung einer neuen Förderstrecke, die das Versuchsfeld durchquert, musste das mikroseismische Array laufend umgebaut und die Anzahl der Stationen von 16 auf 5 reduziert werden. Das reduzierte Array lief ohne größere technische Schwierigkeiten im Dauerbetrieb und die Messdaten wurden laufend registriert und archiviert (AP1).

4. Ergebnisse

Da die bergmännischen Arbeiten an der Förderstrecke den gesamten Berichtszeitraum in Anspruch nahmen, waren während dieser Zeit keine vollständigen Messungen möglich. Die Messungen stehen zunächst für sich allein und können nicht mit Messungen aus dem vorhergehenden Zeitraum korreliert werden, als alle 16 Stationen in Betrieb waren (AP1).

5. Geplante Weiterarbeiten

Nächste Schritte:

- Registrierung, Auswertung und Interpretation der weiteren seismischen Signale
- Graphische Darstellung der seismisch "aktiven" Bereiche
- Fortführung der Arbeiten bis zum Jahresende mit dem vollständigen Array
- Erstellung des Abschlussberichtes

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Flach, D., Zimmer, U. (2001): Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Spannungsumlagerungen (BARIAN). Beitrag im PtWT+E-Bericht: Untertägige Entsorgung - 5. Projektstatusgespräch zu FuE-Vorhaben auf dem Gebiet der Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen, Leipzig, 15./16. Mai 2001, FZKA-PTE Nr. 7.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 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 31.12.2002	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.703.026,00 DM	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 Diffusions-eigenschaften 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 + AS2: Weiterführung vorbereitender Arbeiten; im Rahmen der Kofinanzierung werden die Arbeiten mit dem EU-Projekt BENIPA koordiniert.
- AS5: Beginn der Arbeiten, die EMOS-Module an neues Statistik-Werkzeug anzupassen.
- AS7: Anfertigung einer Dokumentation für das Werkzeug zur Visualisierung von netzwerkartigen Grubengebäudestrukturen und zur Ergebnisdarstellung in LOPOS. Erweiterung der Ergebnisdarstellung um die Erzeugung von MPEG-Filmen.

4. Ergebnisse

- AS1 + AS2: Es liegen keine weiteren Ergebnisse vor.
- AS5: Es liegen noch keine Ergebnisse vor.
- AS7: Die Dokumentation des Prä- und Postprozessors „LoopView“ liegt vor.

5. Geplante Weiterarbeiten

- AS1 + AS2: Weiterführung der Arbeiten im Rahmen der Kofinanzierung mit dem EU-Projekt BENIPA.
- AS5: Weiterführung der Arbeiten, die EMOS-Module an neues Statistik-Werkzeug anzupassen. Test und Dokumentation der Statistik-Werkzeuge.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9188
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Gas- und Wasserfreisetzung und der Wasserverteilung im Erhitzerversuch im OPALINUS-Ton des Mont Terri-Tunnels		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1998 bis 30.09.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.185.781,00 DM	Projektleiter: Dr. Jockwer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Vorhaben (Arbeiten der GRS) untergliedert sich in:

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

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Die Installationsarbeiten im Versuchsfeld sind abgeschlossen worden. Da der Porendruck und der Gebirgsdruck, im Vergleich zu den anderen Versuchsfeldern im Mt. Terri Tunnel, zu niedrige Werte zeigte, wurden im Februar 2001 von der Firma Solexperts sechs weitere Druckaufnehmer eines an-

deren Fabrikats installiert, mit denen seitdem ebenfalls Messungen zum Poren- und Gesamtdruck im Versuchsfeld durchgeführt werden.

Im nicht aufgeheizten Zustand wurden aus den hierfür vorgesehenen Bohrungen weiterhin Gasproben zur Analyse entnommen. Die geoelektrischen Messungen zur Erfassung der Wasserverteilung wurden im geplanten Umfang durchgeführt.

Der Versuch ist für den Zeitraum vom 01.01.2002 bis 31.12.2004 von den Projektbeteiligten, ENRESA, BGR, GRS und NAGRA, im 5. Rahmenprogramm der Europäischen Kommission zur Förderung mit einem Anteil von 50 % eingereicht worden. Hierfür wurden in verschiedenen Projektgesprächen in Hannover, Madrid und Wettingen die Unterlagen erarbeitet und abgestimmt. In Januar 2001 wurde das Proposal und im April 2001 die Contract Preparation Forms eingereicht. Mit einer Bewilligung wird im Herbst 2001 gerechnet.

Im Labor werden z. Z. an Bohrkernen Versuche zur thermischen Gaserzeugung und -freisetzung durchgeführt.

Von der Universidad Politecnica de Cataluna werden z. Z. Modellrechnungen zur Bestimmung des Einflusses der Instrumentierungsbohrungen und des Steckensystems auf die Drücke in Versuchsfeld durchgeführt. Hierfür wurden von GRS die Daten der Installation (Lage der Bohrlöcher, Tiefe, Art der Instrumentierung, Bohrlochverfüllung) sowie die Ergebnisse der geoelektrischen Messungen zusammengestellt und übergeben.

4. Ergebnisse

Im nicht aufgeheiztem Zustand steigt die Konzentration der Gaskomponenten (CO_2 , CH_4 , H_2) in den gasdicht verschlossenen Bohrlöchern weiterhin an.

Die geoelektrischen Messungen im nicht aufgeheiztem Gebirge zeigt im Sohlenbereich Widerstandserhöhung infolge Austrocknung, ansonsten ist die Widerstandsverteilung weitgehend homogen.

Die zusätzlich installierten Druckaufnehmer bestätigen die bisherigen Messungen zum Poren- und Gesamtdruck im Versuchsfeld.

5. Geplante Weiterarbeiten

Bis zum Einschalten der Erhitzer sollen durch Gasprobenahme aus den Bohrlöchern sowie durch elektrische Leitfähigkeitsmessungen das Verhalten des nicht aufgeheizten Gebirges weiter erfasst werden.

Nach Einschalten der Erhitzer soll durch Gasprobenahme aus den Bohrlöchern und durch Leitfähigkeitsverteilung im Gebirge die Auswirkung von erhöhter Temperatur auf das Tongestein ermittelt werden.

Im Labor sollen elektrische Leitfähigkeitsmessungen an Bohrkernen durchgeführt werden, um die Leitfähigkeitsmessungen im Gebirge zu kalibrieren.

Erstellung eines Abschlussberichtes.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9198	
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Gasausbreitung in den technischen Barrieren Beton und Bentonit sowie im Granit im Felslabors 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 870.714,00 DM		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 Projekt werden von GRS unter drei Versuchsbedingungen die Gasmigration in den technischen Komponenten (Beton, Bentonit) und im angrenzenden Gebirge untersucht. Unter realistischen Bedingungen wird das Zusammenwirken im Normalfall und des Versagens der verschiedenen technischen Barrieren bei hohem Druck ermittelt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Vorhaben (Arbeiten der GRS) untergliedert sich in:

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Das gesamte Bauwerk, bestehend aus dem Betonsilo mit der Bentonithinterfüllung, der Streckenverfüllung und dem Streckenverschluss, wurde erstellt. Sämtliche Installationsarbeiten in den Bauwerkskomponenten wurden abgeschlossen. Von der GRS wurden in der Wandung des Betonsilos, in der Bentonithinterfüllung und in der Streckenverfüllung je zwei Gasprobenehmer (Filterrohr mit Caisson) sowie die Leitungen für die Fluiddruckmessung und die Gasprobenahme mit einem speziellen Durchführungssystem durch den Streckenverschluss installiert. In mehreren Projektgesprächen wurde mit den Versuchspartnern das weitere Versuchskonzept und die Gasinjektion mit verschiedenen Tracern festgelegt.

4. Ergebnisse

Die Analysen der Formationswässer und der anstehenden Gase aus den verschiedenen Bohrungen im Wirtsgestein haben ergeben, dass infolge der Bauarbeiten, der erhöhten Bewetterung des zuvor abgeschlossenen Versuchsfeldes und des Abpumpens des anstehenden Wassers die Fluiddrücke und die Gaszusammensetzung stark beeinflusst wurden und sich keine interpretierbaren Werte zeigten.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Installation der Ventilstation in der freien Strecke für die Gasprobenahme und der Datenerfassungsanlage für die Druckaufzeichnung sowie Anschluss der Leitungen von den Gasprobenehmern.
- Aufzeichnung der sich einstellenden Fluiddrücke in den verschiedenen Bauwerkskomponenten.
- Gasprobenahme aus den verschiedenen Bauwerkskomponenten und Analyse zur Ermittlung der Ausgangswerte und des sich einstellenden Gleichgewichtes während der Flutungsphase.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

GMT – Step B Instrumentation System, Design and Specification. AITEMIN, Oktober 2000

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9208	
Vorhabensbezeichnung: Felslabor Grimsel (Phase V): Effektive Parameter (EFP) -Begleitende geoelektrische Untersuchungen-			
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 30.09.2001		Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 378.721,00 DM		Projektleiter: Dr. Flach	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Durchführung geoelektrischer Messungen in einem Feldversuch zur Überprüfung eines numerischen Modellansatzes für den Transportmechanismus in einem Kluftsystem
- Visualisierung der Tracer-Ausbreitung in einem Kluftsystem mittels geoelektrischer Messungen.

3. Durchgeführte Arbeiten

Nachdem die Beschädigung der geoelektrischen Messapparatur durch Wasserzutritte im Messraum des Felslabors Grimsel nicht vollständig behoben werden konnte, wurde eine ältere Anlage, die allerdings grundlegend überholt werden musste, eingesetzt. Dadurch entstand eine Zeitverzögerung von 2 Monaten und der Salztracertest konnte erst im Juni 2001 durchgeführt werden. Vorher wurden mehrwöchige Eigenpotentialmessungen durchgeführt, um die Zuverlässigkeit des Versuchsaufbaus zu testen. Vor und während des Tracertests wurden die geplanten geoelektrischen Messungen (Wenner- und Dipol-Dipol-Anordnungen) erfolgreich durchgeführt.

4. Ergebnisse

Der Salztracertest wurde mit Erfolg durchgeführt. Sowohl die Wenner- als auch die Dipol-Dipol-Messungen lieferten Messdaten guter Qualität. Die Messwerte zeigen eine deutliche Absenkung des scheinbaren spezifischen Widerstandes während des Tracertests. Damit lässt sich bereits feststellen, dass die Empfindlichkeit der Messungen ausreichend ist. Wegen der messtechnischen Verzögerung konnten die tomographischen Modellrechnungen zur Verfolgung der Tracerausbreitung während der Injektionsphase noch nicht abgeschlossen werden. Die restlichen Rechnungen werden jedoch in den kommenden Wochen durchgeführt.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Auswertung der vorhandenen Messergebnisse durch Inversion der Dipol-Dipol-Messungen zur Ermittlung der spezifischen elektrischen Widerstandsverteilung zu verschiedenen Zeitpunkten vor, während und nach der Tracerinjektion,
- Visualisierung der Auswertergebnisse,
- Erstellung des Abschlussberichtes.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: BGR, Stilleweg 2, 30655 Hannover		Förderkennzeichen: 02 E 9218
Vorhabensbezeichnung: Deutsch-Schweizerische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung (Felslabor Grimsel Phase V). Teilprojekt I: Effektive Parameters (EFP); Teilprojekt II: Numerical Calculation of Two-Phase Flow		
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 31.12.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 961.920,00 DM	Projektleiter: Dr. Shao	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

EFP

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

Die folgenden Teilziele sollen erreicht werden:

- Überprüfung des Verfahrens zur Charakterisierung des Wirtsgesteins,
- Überprüfung der Modellbildung zur Berechnung der zeitlich/räumlichen Verteilung der Tracerkonzentrationen in großen Gebirgsvolumina,
- Konzipierung und Durchführung großräumiger In-situ-Tracerversuche zur Modell-Validierung
- Nachweis der Übertragbarkeit des Verfahrens auf andere geologische Formationen.

GMT

Die Ziele bei der Beteiligung am japanischen Projekt "Gas Migration Test in the EBS" sind:

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

EFP

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

GMT

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

3. Durchgeführte ArbeitenEFP

- Erfolgreiche Durchführung eines zweiten Salztracertests mit Injektion der Salzlösung bis zum Erreichen einer Plateauphase und sich anschließender Freispülung des Kluftbereiches mit Klarwasser. Der Salztracerversuch wurde mit geoelektrischen Messungen kontinuierlich überwacht
- Vergleichsrechnungen eines Tracerversuchs im BK Bereich (ROCKFLOW, SPRING und TOUGH2)

GMT

- Projektbericht über Zweiphasen-Modellierung VEGAS-Versuch
- Abschluss der Programmentwicklung zu quelldruckabhängiger Permeabilität

4. ErgebnisseEFP

- Die Auswertung der Rohdaten der bisher durchgeführten Tracerversuche belegt die Machbarkeit des gewählten geophysikalischen Ansatzes.
- Der Durchbruch des Salztracers an den einzelnen geoelektrischen Profilen erfolgt weitestgehend in Übereinstimmung mit den numerischen Designrechnungen (Mittelwerte).
- Die unterschiedlichen schnellen Durchbrüche des Salztracers in unterschiedlicher Konzentration belegen jedoch die starke Heterogenität des Kluftbereiches.
- Der Stofftransport im BK-Bereich erfolgt überwiegend in einem 10 -15 m mächtigen Kluftnetzwerk.
- Die Mächtigkeit des Kluftnetzwerkes steht in Übereinstimmung mit geostatistischen Auswertungen des Kluftabstandes (Semi-Variogramme) und Ergebnissen aus Doppelpacker-Versuchen.

GMT

- Mit dem neuen Programm ROCKFLOW, in dem der Ansatz von Böggersson zu quelldruckabhängiger Permeabilität implementiert ist, wird eine gute Übereinstimmung zwischen Modellergebnissen und den experimentellen Daten vom GMT/VEGAS erzielt.

5. Geplante WeiterarbeitenEFP

- Durchführung von Multi-Salztracerversuchen mit unterschiedlichen Fluoreszenzfarbstoffen in dem Hochdruckbereich
- Ableitung statistischer Werte für den Mittelwert und die Varianz der Durchlässigkeit anhand geoelektrischer Profilschnitte im Niederdruckbereich
- Weitere numerische Vorwärtsrechnungen von Tracerversuchen im niedrigen und hohen Druckbereich unter Ansatz geostatistisch verteilter Durchlässigkeiten
- Bewertung von Modellergebnissen aus verschiedenen Codes mit Berücksichtigung der In-situ-Messdaten

GMT

- Vergleichsrechnung von Zweiphasen In-situ-Strömungsprozessen (Aufsättigung und Gasinjektion) in einer radialsymmetrischen Geometrie

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Himmelsbach, T., Flach, D. & Bartlakowski, J. (2001): Hydrogeophysical visualisation of flow process in hard rock, 31th IAH Symposium Munich, September 2001

Shao, H. (2001): Numerical Interpretation of Hydration Tests on Bentonite Samples, Nagra GMT/IR 01-01, Nagra, Wettingen, Switzerland

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001
Gesamtkosten des Vorhabens: 3.037.133,00 DM	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.
- Aktualisierung des Kenntnisstands über Human-Intrusion-Szenarien, Erweiterung der bisherigen Modelle und Durchführung von Konsequenzanalysen.

3. Durchgeführte Arbeiten

TA 1: - Teilnahme als fachlicher Begleiter an der ersten Sitzung zum Projekt „Scientific and Technical Basis for Chernobyl NPP Radioactive Waste Disposal in Deep Boreholes Completed in the Korostensky Crystalline Massif“. Ziel des zweijährigen Projekts ist die Untersuchung der geologisch und technischen Machbarkeit eines Bohrlochkonzepts zur Endlagerung langlebiger Abfälle aus dem Tschernobyl-Unfall.

- Teilnahme am Workshop von USDOE-CBFO und einer deutschen Delegation am 25.-27. April 2001 in Carlsbad, New Mexico. Thema war die Zusammenarbeit bei einem zukünftigen Experiment in der WIPP. Neben dem Austausch von Forschungsergebnissen wurde auf mehreren Gebieten in kleinerem Maßstab eine Zusammenarbeit geplant.
- Teilnahme an der 9th International High-Level Radioactive Waste Management Conference (IHLRWM) vom 29. April - 3. Mai in Las Vegas. Auf dem Gebiet von Strömung und Transport wurde im wesentlichen über den Stand der Forschung zu ungesättigten Medien im Hinblick auf das Endlager Yucca Mountain berichtet.
- Festlegung einer deutschen Teilnahme (FZK, FZR, GRS) am NEA-Sorptionsforum, Phase II. Auswahl der Rechenfälle und Abstimmung der Beiträge der einzelnen Institutionen.
- Simulation neuer Säulen- und Batchexperimente zum kolloidgetragenen Eu-Transport mit dem Rechenprogramm TRAPIC. Erstellung eines Beitrages für den 5. GeoTrap Workshop.
- Teilnahme am 5. GeoTrap Workshop „Geological Evidence and Theoretical Bases for Radionuclide-Retention Processes in Heterogeneous Media“ in Äspö zum derzeitigen Stand der Modellierung von Retentionsprozessen im Fernfeld von Endlagern und deren Implementation in Langzeitsicherheitsanalysen.
- Arbeitsgespräch mit FZK-INE zur derzeitigen Kenntnis auf dem Gebiet des kolloidgetragenen Schadstofftransports. Erarbeitung vereinfachter Modellansätze und Festlegung von Rechenfällen für die Langzeitsicherheitsanalyse sowie Vorbereitung eines Beitrags für die Migration.
- Teilnahme am zweiten Arbeitstreffen zum EU-Projekt SPIN. Nachrechnung ausgewählter Langzeitsicherheitsanalysen mit einem ersten Satz von Indikatoren. Festlegung eines 2. Satzes von Sicherheits- und Performanceindikatoren auf Basis der Literaturrecherche zu bisherigen internationalen Arbeiten.

4. Ergebnisse

- TA 1: - Präsentation des Beitrags „Modelling of Colloid Facilitated Contaminant Transport with the Computer Code TRAPIC. Theoretical Basis and Application“ auf dem 5. GeoTrap-Workshop in Äspö.
- Fertigstellung des ersten Topical Reports „Identification of Safety and Performance Indicators Suitable for Performance Assessment“ zum EU-Projekt SPIN.

5. Geplante Weiterarbeiten

- TA 1: - Teilnahme an den Sitzungen des RWMC und der NEA Arbeitsgruppe IGSC.
- Teilnahme mit eigenen Beiträgen an der Konferenz Migration 2001 in Bregenz
 - Teilnahme an den Arbeitssitzungen des von der GRS Köln koordinierten Arbeitskreises über Szenarienanalysen im Rahmen des Nachweises der Langzeitsicherheit von Endlagern.
 - Zusammenfassende Vorstellung der Arbeiten zur Modellierung des kolloidgetragenen Schadstofftransports auf der Eurosafe 2001 in Paris.
 - EU-Projekt SPIN: Teilnahme am 3. Arbeitstreffen im August in Helsinki. Nachrechnung der ausgewählten Langzeitsicherheitsanalysen mit dem 2. Satz von Indikatoren. Vorstellung des Projekts SPIN auf dem Koordinations-Meeting „Use of Selected Safety Indicators in the Assessment of Radioactive Waste Disposal“ der IAEA-Arbeitsgruppe.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: DBE, Eschenstraße 55, 31224 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 3.705.000,00 DM	Projektleiter: M. Jobmann	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Zu 1: Das Vertragswerk zwischen DBE, NAGRA und RWMC zur Installation eines faseroptischen Messsystems im Felslabor Grimsel in der Schweiz wurde abschließend diskutiert und von allen Parteien unterzeichnet.

Zu 4: Die Messungen der im Schacht Konrad installierten faseroptischen Demonstrationsanlage wurden fortgeführt.

Im Felslabor Grimsel (Granit) der NAGRA (Schweiz) wurden faseroptische Sensoren im Rahmen eines von der Japanischen Firma RWMC durchgeführten Versuches installiert, um ihre Funktionalität innerhalb einer geotechnischen Barriere zu überprüfen. Bei diesem Versuch handelt es sich um einen Gas-Migration-Test, bei dem Gas in das Zentrum eines 4 Meter durchmessenden Silos im Granit injiziert wird und das Systemverhalten insbesondere im umgebenden Barrierematerial messtechnisch erfasst wird. Die faseroptischen Sensoren sind am Top des Silos eingebaut und sollen Druck, Porenwasserdruck, Temperatur und Feuchtigkeit messen. Messwerte liegen zur Zeit noch nicht vor, da der komplette Versuchsaufbau noch nicht abgeschlossen ist.

Zu einem weiteren In-situ-Test im Endlager Morsleben (Salz) fanden erste Gespräche mit dem Betrieb Morsleben und dem BfS statt. Eine grundsätzliche Zustimmung des BfS liegt vor.

4. Ergebnisse

Die Installation der faseroptischen Sensoren im Felslabor Grimsel konnte erfolgreich durchgeführt werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

Konrad: Neukalibrierung des gesamten Mess-Systems nach Austausch einiger gealterter elektronischer Komponenten.

Grimsel: Komplettierung des Versuchsaufbaues und Einrichtung der dauerhaften Datenerfassung mit Online-Zugriff.

Morsleben: Verbleibende formale Voraussetzungen zur tatsächlichen Versuchsdurchführung sind noch zu erfüllen. Herrichtung des Versuchsortes und Installation der Mess-Systeme.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Fischer, S. April 2001: Interner Zwischenbericht zur Installation faseroptischer System im Felslabor Grimsel. Beitrag im PtWT+E-Bericht: Untertägige Entsorgung - 5. Projektstatusgespräch zu FuE-Vorhaben auf dem Gebiet der Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen, Leipzig, 15./16. Mai 2001, FZKA-PTE Nr. 7.

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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 397.247,00 DM		Projektleiter: Dr. Kamlot	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit dem in Zusammenarbeit mit FZK, BGR und GRS durchgeführten 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 Versatzstrecke.

3. Durchgeführte Arbeiten

- Spannungssondierung in der Bohrung K1 im Pfeiler zwischen den Erhitzerstrecken.
- Durchführung von Versatzdruckversuchen am lockeren Steinsalzgrus und an ausgebohrten Kernen aus dem verdichteten Streckenversatz.
- Bestimmung des Spannungs-Deformationsverhaltens sowie der Tragfähigkeit des Steinsalzes im Zwischenpfeiler bei unterschiedlichen Temperaturen.
- Beauftragung des Bergwerkes Asse zur Bereitstellung von 2 weiteren Bohrungen für Spannungssondierungen.

4. Ergebnisse

- Die Spannungssondierungen in der Bohrung K1 bis in eine Teufe von 3,8 m zeigen gegenüber der Vergleichsmessung im Januar 1999 (Erhitzer noch eingeschaltet) eine um 3 MPa höhere Einspannung. Die Ursache dieser Beobachtung wird mit weiteren Messungen in zusätzlichen Bohrungen und begleitenden Modellrechnungen untersucht.
- Die Laboruntersuchungen an Versatzmaterial wurden planmäßig realisiert. Der Steinsalzgrus besitzt eine vergleichsweise hohe Tragfähigkeit. Die Resultate werden in einem Labor-benchmarking zwischen den Partnerinstitutionen verglichen.

5. Geplante Weiterarbeiten

Entsprechend der Vorhabensbeschreibung.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Präsentation zum 2. Projektkoordinierungsgespräch BAMBUS II am 06. Februar 2001 in Hannover ROTHFUCHS, T.; BOLLINGERFEHR, W.; HEUSERMANN, S.; KAMLLOT, P.: „Abschließende Auswertung des Projektes „Thermische Simulation der Streckenlagerung/Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar““. Beitrag im PtWT+E-Bericht: Untertägige Entsorgung - 5. Projektstatusgespräch zu FuE-Vorhaben auf dem Gebiet der Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen, Leipzig, 15./16. Mai 2001, FZKA-PTE Nr. 7.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 601.041,00 DM	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

Bei der Streckenaufwältigung wurde das Programm zur Gewinnung von Versatzproben und Rückgewinnung von Messinstrumenten gemäß GRS-Probennahmeplan weitergeführt. Der Zustand des Versatzmaterials und der Messgeräte wurde phototechnisch dokumentiert.

Zur Gewinnung von Versatz- und Steinsalzproben für geomechanische, mineralogische und geoche-

mische Laboruntersuchungen wurden in den Messquerschnitten D1, G1, B⁺¹ und A Probekörper aus dem Versatz herausgeschnitten oder als Bohrkerne gewonnen.

Für die geplanten Rekalibrierungen wurden die vorgesehenen Temperatur-, Konvergenz-, Versatzsetzungs- und Versatzdruckgeber aus den Messquerschnitten F1, G1, H1, B, B⁺¹, A, C und G2^{-0.75} geborgen. Die Bergung der Messinstrumente ist damit abgeschlossen.

Die Analysen der Umgebungsluft zur Untersuchung der Einhaltung der MAK-Grenzwerte schädlicher Gase wurden planmäßig weitergeführt.

Im Labor erfolgten Untersuchungen zur Porositäts- und Permeabilitätsverteilung im Versatz. Die Kompaktions- und Festigkeitsversuche an großen Bohrkernen wurden begonnen.

Im Labor-Benchmark wurden an Salzgrus von < 2 mm Korngröße in der Triaxialpresse acht Versuche unter Oedometer-Bedingungen bei Raumtemperatur und bei erhöhten Temperaturen (70-78°C) durchgeführt. Dabei wurde ein Regelungssystem für den Manteldruck entwickelt.

4. Ergebnisse

Die Laboruntersuchungen an den Versatzproben ergaben im nicht aufgeheizten Bereich eine höhere Porosität im Sohlenbereich, d.h. die Dichte der Proben nahm von unten nach oben zu. In der Umgebung der Erhitzer dagegen war die Porosität im Firstbereich höher, während an der Sohle niedrigere Porositäten ermittelt wurden. Die Durchschnittswerte über die jeweiligen Messquerschnitte zeigten insgesamt jedoch eine gute Übereinstimmung mit den Porositäten, die aus den In-situ-Konvergenzmessungen abgeleitet wurden. Die gemessenen Permeabilitätswerte bestätigten die bereits früher an Versatzmaterial ermittelte Relation zwischen den beiden Parametern Porosität und Permeabilität.

Im Labor-Benchmark wurden die Proben mit Wegregelung mit einer Geschwindigkeit von $2 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ bis zur Axialspannung von etwa 10 MPa kompaktiert. Dabei reduzierte sich die Porosität von 26 – 32 % bis auf 18 – 22 %. Mit steigender Axialverformung nahmen Axial- und Radialspannung zu. Der Seitendruckbeiwert nahm mit abnehmender Porosität linear zu.

Gemäß den durchgeführten Gasanalysen wurden die MAK-Grenzwerte schädlicher Gase in den Wettern der aufgewältigten Strecke stets eingehalten.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die geborgenen Messinstrumente werden zur Nachuntersuchung und Rekalibrierung an die jeweiligen Hersteller versandt. Im Labor werden die Untersuchungen zur Bestimmung der Porositäten, Permeabilitäten und Festigkeiten an Versatzproben weitergeführt.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Droste, J., Feddersen, H.-K., Rothfuchs, T., Wieczorek, K. (2001): Experimental Investigations on the Backfill Behaviour in Disposal Drifts in Rock Salt (TSS project), Final Report, GRS-173, Braunschweig.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001
Gesamtkosten des Vorhabens: 811.636,00 DM	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:- Durchführung weiterer Modellrechnungen zur Auslegung der Elektrodenarrays

- Herstellung und Installation der Elektrodenketten
- Beschaffung einer neu konzipierten Messanlage
- Erstellung von QM-Unterlagen

- AP 2:-** Resistivitätsuntersuchungen an Streckenversatzmaterial bestehend aus 30 % Milos-Bentonit und 70 % Granitschotter
- Weiterführung und Beendigung der Perkolationsversuche an kompaktiertem MX-80

4. Ergebnisse

AP 1:

Nach Einführung eines neuen Streckenversatzmaterials (Milos-Bentonit) und Vorlage der ersten Labor-Kalibrierergebnisse wurden weitere Modellrechnungen für die Auslegung der Elektrodenarrays erforderlich. Für die Messungen in der Strecke stellte sich eine Elektrodenanordnung mit zwei parallelen Ketten als sinnvoll heraus. Weitere Auslegungsrechnungen werden auf Basis eines Änderungsvorschlages von SKB erfolgen.

Insgesamt sind 9 Elektrodenketten und druckdichte Verbindungskabel zur Messanlage im Paralleltunnel zu fertigen. Die erste Kette für die Messungen im Streckenversatz in der Sektion 1 wurde hergestellt. Die neue Messanlage wurde im Juni 2001 geliefert und wird z. Zt. getestet und kalibriert. Die Anlage erfüllt die hohen Anforderungen vollauf.

AP 2:

Die bisher bereits durchgeführten Perkolationsversuche am MX-80-Bentonit wurden bis März 2001 weitergeführt und dann beendet, obwohl das chemische Gleichgewicht nicht wie gewünscht vollständig erreicht wurde. Die abschließende Bewertung der Messergebnisse bestätigt jedoch die bisherige Vermutung, dass die zu beobachtenden Lösungsänderungen nicht die befürchteten Leitfähigkeitsänderungen bewirken werden.

Die bisher am Streckenversatzmaterial durchgeführten Kalibrierungen ergaben praktisch die gleichen Ergebnisse wie für den MX-80-Bentonit. Aufgrund des hohen Granitschotter-Anteils wurde zunächst ein anderes Verhalten mit höheren Widerstandsänderungen erwartet. Offensichtlich bestimmt jedoch der Bentonitanteil weitgehend die Resistivität des Materials.

5. Geplante Weiterarbeiten

AP 1:- Konfektionierung der Messkabel in der GRS-Werkstatt in Braunschweig (2001)

- Aufbau und Test der geoelektrischen Messanlage (2001)
- Installation der Messketten und der Messanlage im HRL Äspö (2001/2002)
- Beginn der In-situ-Messungen (2001)

AP 2:- Beendigung der Labor-Kalibrierungen (2001)

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: DBE, Eschenstraße 55, 31224 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.506.230,00 DM	Projektleiter: Dipl.-Ing. Bollingerfehr	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit dem von BGR, GRS, IfG, DBE und FZK gemeinsam bearbeiteten Vorhaben wird das Projekt "Thermische Simulation der Streckenlagerung / Verhalten von Versatzmaterial in Strecken" (TSS/VVS) beendet und abschließend ausgewertet. Vor dem Hintergrund der Zielsetzung des seit 1985 bearbeiteten Projekts sollen in der abschließenden Auswertephase die gewonnenen Kenntnisse zusammengestellt und anhand von gezielten Detail-Untersuchungen vertieft werden. Besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf Untersuchungen, die mit den im Versuchsfeld installierten Messinstrumenten nicht möglich waren und für deren Durchführung daher ein direkter Zugang in die Strecken erforderlich ist. Gemeinsame übergeordnete Ziele dieser Arbeiten sind die weitere Verbesserung der numerischen Modelle zur Berechnung der thermomechanischen Bedingungen im Endlager und die Absicherung von Kennwerten, die für den Bau und die Sicherheitsbewertung des Endlagers benötigt werden. 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: Das Konvergenzmesssystem im Messquerschnitt G2 (heißer Bereich) wurde vollständig und unbeschädigt geborgen und zur Nachuntersuchung zum Hersteller gesandt.
- AP 6: Die Implementierung des Heinschen Stoffgesetzes in FLAC3D wurde vorgenommen und Testrechnungen durchgeführt.
- AP 7: Die Untersuchungen zur Rückholbarkeit von POLLUX-Behältern wurden weitergeführt.
- AP 9: Die nördliche Versuchsstrecke wurde bergmännisch über eine Länge von ca. 40 m aufgewältigt. Zwei Versuchsbehälter wurden dabei vollständig demontiert und geborgen. Der über ca. 10 Jahre verfestigte Versatz wurde abschnittsweise maschinell und in der unmittelbaren Nähe von Versuchsbehältern und Instrumentierungen manuell gelöst und abtransportiert. Zuvor wurden Bohrkerne (100 und 280 mm) aus dem Versatzkörper und aus dem Salz erbohrt und für gesteinsmechanische Untersuchungen bereitgestellt. Die während der Streckenaufwältigung freigelegten Messsensoren und Korrosionsproben wurden den zuständigen Projektpartnern für Nachuntersuchungen zur Verfügung gestellt.

4. Ergebnisse

Die nördliche Versuchsstrecke wurde planmäßig bis zum 3. Versuchsbehälter aufgewältigt. Dabei konnten die beiden ersten Versuchsbehälter jeweils in ihre 7 Ringsegmente á 1.000 kg zerlegt und abtransportiert werden. Es wurden kaum Korrosionserscheinungen festgestellt. Alle Messsensoren wurden freigelegt und von den Experimentatoren geborgen. Die Korrosionsproben im Versatz und auf dem mittleren Versuchsbehälter wurden unbeschädigt freigelegt. Die spezifizierten Bohrkerne aus dem Versatz und dem Salz wurden erbohrt und bereitgestellt.

5. Geplante Weiterarbeiten

- AP 5: Nachuntersuchungen an den geborgenen Konvergenz- und Temperatursensoren aus einem kalten und einem heißen Messquerschnitt.
- AP 6: Aufnahme der Arbeiten zur Implementierung eines Stoffgesetzes für Salzgrus in das Rechenprogramm FLAC.
- AP 7: Abschluss der Rückholungsuntersuchungen von POLLUX-Behältern und Abstimmung mit NRG.
- AP 9: Teilweise Freilegung des dritten Versuchsbehälters in der nördlichen Strecke im Asse-Versuchsfeld zu Demonstrationszwecken.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

ROTHFUCHS, T.; BOLLINGERFEHR, W.; HEUSERMANN, S.; KAMLOT, P.: „Abschließende Auswertung des Projektes „Thermische Simulation der Streckenlagerung/Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar“, Statusgespräch, Leipzig, May 2001, FZKA-PTE Nr. 7

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 30.11.2002	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 692.000,00 DM	Projektleiter: 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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Abschluss röntgenabsorptionsspektroskopischer Studien und Durchführung NIR-spektroskopischer Untersuchungen zur Np(V)-Komplexierung modifizierter (phenol. OH-Gruppen blockiert) und nicht modifizierter Huminsäuren (HS) Typ M1, Typ M42 und Aldrich; Bestimmung des Einflusses phenolischer OH-Gruppen auf die Np(V)-Komplexierung
- Röntgenabsorptionsspektroskopische Untersuchungen an Pu(III)-Huminstoff-Komplexen
- Erarbeitung von Verfahren zur Synthese von HS mit ausgeprägter Redoxfunktionalität
- Untersuchung der Np-Sorption an Granit und dessen Mineralbestandteilen in Abwesenheit von HS
- Verknüpfung des geochemischen Speziationsprogramms EQ3/6 und des Ladungsneutralisationsmodells für HS-Komplexe: Codemodifizierung zur Eingabeverarbeitung, Auswahl von Datensätzen mit oder ohne Protolyse der HS, Berechnung der verfügbaren HS-Konzentration als Funktion der Metall-Wertigkeit, Berechnung der Ladungskapazität (LC) als Funktion des pH-Wertes und der Ionenstärke

4. Ergebnisse

Die Np(V)-Humate zeigen unabhängig von ihrer Funktionalität vergleichbare EXAFS-Strukturparameter (Bindungsabstände und Koordinationszahlen). Das weist darauf hin, dass die Carboxylgruppen die Wechselwirkung von Np(V) mit HS bei pH 7 dominieren. Eine Beteiligung phenolischer OH-Gruppen der HS an der Wechselwirkung mit Np(V) kann jedoch mit den EXAFS-Ergebnissen noch nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Die röntgenabsorptionsspektroskopischen Untersuchungen an Pu(III)-Huminstoff-Komplexen bestätigen das Vorliegen von Pu(III) in den Komplexen mit synthetischer HS Typ M42 und Kranichsee Fulvinsäure. Erste Ergebnisse zu Strukturparametern liegen vor.

Die modifizierte Version von EQ3/6 ermöglicht die Berechnung von Speziationen in komplexen natürlichen Systemen mit HS als Funktion von pH, Eh, pCO₂ oder als Funktion der Konzentration einer Komponente.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Fortführung der Synthese von HS mit ausgeprägter Redoxfunktionalität
- Weiterführung der Studien zur Np-Sorption an Granit und dessen Mineralbestandteilen in Anwesenheit von HS, Einsatz ¹⁴C-markierter synthetischer HS Typ M42
- Untersuchung von Np-Komplexen niedermolekularer, organischer Modellverbindungen sowie Bestimmung von Np-Sorptionsspezies mittels Röntgenabsorptionsspektroskopie
- Vorbereitung von Säulenexperimenten zur Untersuchung der Th(IV)- und U(IV)-Migration in Gegenwart von Huminsäuren
- Entwicklung einer digitalen Datenbank für Komplexierungsreaktionen mit HS auf Basis des Ladungsneutralisationsmodells

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Proceedings of the Actinide-XAS-2000 Conference (Grenoble, France), in press:

Pompe, S. et al.: Neptunium(V) Complexation by Various Humic Acids in Solution Studied by EXAFS and NIR Spectroscopy. Schmeide, K. et al.: Interaction of Neptunium(IV) with Humic Substances Studied by XAFS Spectroscopy

Zuwendungsempfänger: Johannes Gutenberg-Universität, Fritz-Strassmann-Weg 2, 55128 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 31.12.2002	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 822.000,00 DM	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

Das CE-System zur Speziation des Plutoniums wurde optimiert und ein Kopplungsstück zur ICP-MS aufgebaut. Am Institut für Nukleare Entsorgung wurden mit diesen Einheiten und der dort verfügbaren ICP-MS Experimente durchgeführt. Dabei konnten verschiedene Modellionen aufgetrennt werden, und auf Grund der erhaltenen Ergebnisse wurden die CE besser angepasst und das Gesamtsystem weiterentwickelt. Weiterhin wurden Experimente zur elektrolytischen Reduktion von U(VI) zu U(IV) in der Inertgasbox vorgenommen (Uni Mainz).

Die Untersuchungen zur Bestimmung der Komplexbildungskonstanten zwischen Huminsäuren und Pb, Cd und Zn bei verschiedenen pH-Werten und unterschiedlichen Huminsäure- und Metallionenkonzentrationen wurden fortgeführt und die LC-Werte für die drei Metallionen ermittelt. Weiterhin wurde die Konkurrenzkomplexierung zwischen Zn und Al, Ca und Mg studiert. In beiden Fällen wurde hauptsächlich die Stripping Voltametrie eingesetzt. Schließlich konnte die Validierung der Waggingen-Donnan-Membran-Technik abgeschlossen werden (Uni Saarbrücken).

4. Ergebnisse

Mit den CE-ICP-MS Einheit konnten die für die verschiedenen Plutoniumspezies dienenden Modellionen La^{3+} , Th^{4+} und UO_2^{2+} in 1 M Essigsäure in weniger als 10 min gut aufgetrennt werden. Für Uran wurde eine Nachweisgrenze von 20 ppb erreicht, was bei dem kleinen Probenvolumen 1×10^{10} Atomen entspricht. Aufgrund des Volumens von 10 – 100 nl ist eine Mehrfachanalyse einer Lösung ohne Eingriff in das Redoxsystem möglich, wobei die UV-Spektroskopie als zusätzliche Messmethode eingesetzt werden kann. Uran kann durch elektrolytische Reduktion vom sechswertigen zum vierwertigen Zustand überführt werden (Uni Mainz).

Mit Aldrich-Huminsäure wurden für Pb, Cd und Zn folgende $\log \beta$ -Werte bestimmt: $5,4 \pm 0,3$; $4,0 \pm 0,2$ und $4,0 \pm 0,2$. Ähnliche $\log \beta$ -Werte ergaben sich für die synthetische Huminsäure M42: $5,2 \pm 0,2$; $4,1 \pm 0,3$ und $4,1 \pm 0,2$. Die Konkurrenzkomplexierung beim Zn sieht wie folgt aus: $\text{Al(III)} > \text{Ca(II)} > \text{Mg}$; d.h. Al(III) verdrängt praktisch alles Zn(II) in dem Humatkomplex. Durch Änderungen in der WDMT-Zelle konnte die Equilibrierungszeit von 48 auf 18 h verringert werden. Mit der WDMT-Technik konnten eine Reihe von Untersuchungen zur Komplexierung von Cd mit Huminsäuren, aber auch zur Komplexierung von Cu mit Salicylsäure, zur Konkurrenzkomplexierung von Cu und Cd mit EDTA und zur Verteilung von Cu, Cd, Zn und Pb ohne Ligandenzugabe durchgeführt werden. Die erhaltenen Daten entsprechen den Erwartungen (Uni Saarbrücken).

5. Geplante Weiterarbeiten

Das Elektrolytsystem und die Trennbedingungen mit der CE-ICP-MS sollen weiter optimiert und dann zur Trennung der verschiedenen Uran- und vor allem Plutonium-Spezies angewandt werden. Im Vordergrund steht das Reduktionsverhalten des Pu mit Huminsäuren und die Ermittlung der Komplexbildungskonstanten der verschiedenen Pu-Oxidationszustände mit Aldrich-Huminsäure. Weiterhin sind in Zusammenarbeit mit dem INE Säulenversuche mit Pu(VI) und GOHY-532 geplant, wobei zunächst der Einfluss der Metallionenkonzentration studiert werden soll (Uni Mainz).

Die bisherigen Untersuchungen zur Komplexbildung von Pb, Cd und Zn sollen auf funktionell blockierte synthetische Huminsäuren ausgedehnt werden. Der Einfluss von Al, Ca und Mg auf die Zn-Komplexierung wird mit der WDMT-Technik weiter exploriert, vor allem bezüglich der Kinetik, und diese Technik im Hinblick auf kürzere Equilibrierungszeiten optimiert. Mit der WDMT-Technik werden die $\log \beta$ - und LC-Werte für Cu, Cd, Zn und Pb ermittelt. Weiterhin ist vorgesehen, die durch Ultrafiltration erhaltenen Huminsäurefraktionen im Hinblick auf Komplexierungsverhalten, PEC etc. zu studieren (Uni Saarbrücken).

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

A. Seibert, A. Mansel, C.M. Marquardt, H. Keller, J.V. Kratz, N. Trautmann: Complexation Behaviour of Neptunium with Humic Acid, *Radiochim. Acta*, im Druck

Zuwendungsempfänger: TU Bergakademie Freiberg, Akademiestraße 6, 09596 Freiberg		Förderkennzeichen: 02 E 9319
Vorhabensbezeichnung: Erweiterung der Datenbasis zur thermodynamischen Modellierung der Reaktionen CaSO ₄ -haltiger Minerale und des Glaserits bei Temperaturen bis 200°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: 01.01.2000 bis 31.12.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 190.800,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Voigt	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Für das letzte CaSO₄ - haltige System, K₂SO₄ - CaSO₄ - H₂O (AP3) wurden die experimentellen Arbeiten abgeschlossen. Zur Untersuchung der Löslichkeiten der in diesem System auftretenden Doppelsalzhydrate Syngenit (K₂SO₄ · CaSO₄ · H₂O) und Gorgeyit (K₂SO₄ · 5 CaSO₄ · H₂O), sowie der Randphasen Anhydrit (CaSO₄) und Arkanit (K₂SO₄) wurden wie in AP2 und AP4 bodenkörperhaltige Lösungen in mit PTFE-Bechern ausgekleideten Ti-Pd-Autoklaven in einem Metallblockthermostaten ca. 1 Woche bei 150°C und 200°C gerührt. Anschließend wurden die Bodenkörper mittels einer Hochtemperaturzentrifuge von der Lösung getrennt und diese analysiert. Die Bodenkörper wurden ramanpektroskopisch identifiziert.

Zur Ermittlung der Glaseritlöslichkeit und -stöchiometrie (AP5) wurden Untersuchungen zur Phasenbreite des Glaserites im wasserfreien System K₂SO₄ - Na₂SO₄ bei Raumtemperatur, 100°C, 150°C und 200°C durchgeführt. Dazu wurden 5 verschiedene K₂SO₄/Na₂SO₄-Mischungen bei

1000°C 20 min aufgeschmolzen und anschließend auf Raumtemperatur gequenchet. Die feingepulverten Proben wurden zur Einstellung des Gleichgewichtszustandes bei den entsprechenden Temperaturen gelagert bzw. getempert. In zeitlich regelmäßigen Abständen wurden die Ramanspektren der entsprechenden Proben aufgenommen.

Erste Löslichkeitsuntersuchungen im System $K_2SO_4 - Na_2SO_4 - H_2O$ wurden bei 150°C durchgeführt. Es wurden 2 Varianten zur Vorgabe der Bodenkörper gewählt, um die günstigsten Bedingungen für die erfahrungsgemäß sich nur sehr langsam einstellenden Lösungs-Bodenkörper-Gleichgewichte zu finden. In jedem Fall wurden vorher die bei Raumtemperatur gesättigten K_2SO_4 - bzw. Na_2SO_4 -Lösungen in unterschiedlichen Verhältnissen als Ausgangslösungen gemischt. Zu diesen Lösungen wurden zum einen als Bodenkörper festes K_2SO_4 und Na_2SO_4 in entsprechenden Verhältnissen zugegeben. Zum anderen wurden als Bodenkörper vergleichbare K_2SO_4/Na_2SO_4 Mischungen im Vorfeld aufgeschmolzen, gequenchet und pulverisiert den entsprechenden Lösungsgemischen zugeführt. Des weiteren erfolgten die Löslichkeitsuntersuchungen wie bereits für das System $K_2SO_4 - CaSO_4 - H_2O$ beschrieben.

4. Ergebnisse

Es wurden die Phasengleichgewichte im System $K_2SO_4 - CaSO_4 - H_2O$ bei 150°C und 200°C bestimmt. Vergleichend zu den bei 100°C von A. E. HILL [Am. Min. 56, 1071, (1934)] bestimmten Daten ist zu erkennen, dass sich mit steigender Temperatur das Existenzgebiet des Görgeyits vergrößert und das des Syngenits verkleinert. Der dem Syngenit entsprechenden 200°C-Isotherme ist das bisher unbekannte Doppelsalz $K_2SO_4 \cdot CaSO_4$ zuzuordnen. Eine am Einkristall durchgeführte Röntgenstrukturanalyse lieferte die Einkristallstrukturdaten für das neue Doppelsalz.

Erste Ergebnisse zur Bestimmung der Glaseritstöchiometrie bis 200°C aus ramanspektroskopischen Untersuchungen getemperter K_2SO_4 - Na_2SO_4 Proben bestätigen vorerst das von W. EYSEL [Am. Min. 58, 736, (1973)] erstellte Phasendiagramm für dieses System. Demnach ist im wässrigen System bei 100°C mit einer Glaseritphasenbreite von 40mol% bis 75mol% K_2SO_4 zu rechnen. Bei 200°C sollte der K_2SO_4 -Gehalt im Glaserit noch bis auf 30mol% sinken. Außerdem wurde aus den ramanspektroskopischen Untersuchungen auf eine gewisse Löslichkeit von K_2SO_4 im Thenardit geschlossen.

5. Geplante Weiterarbeiten

Untersuchungen zur Glaseritlöslichkeit und -stöchiometrie bei 100°C und 200°C, sowie ergänzend bei 150°C werden durchgeführt. Für die anschließende Modellierung des hexären Systems werden die bisher erhaltenen Ergebnisse in die thermodynamische Datenbasis eingearbeitet und für das Programm CHEMSAGE nutzbar gemacht.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Publikationen in Vorbereitung

Zuwendungsempfänger: IIF 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 28.02.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 500.000,00 DM	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, Eu, Tb als Analoga der Actiniden in der wässrigen Phase unter geochemisch relevanten Konkurrenzbedingungen (organische und anorganische Liganden, Hydroxospezies)
- Vermessung von Konkurrenzreaktionen der starken Elektrolyte (Elemente der dritten Haupt- und Nebengruppe) zur Komplexbildung und Sorption der Huminsäuren
- Säulen- und Batchversuche zur Bestimmung der Sorptionsparameter
- Vermessung der reversiblen und irreversiblen Vorgänge der Sorption und Filtration mittels radioanalytischer Methoden (Doppelmarkierung)

3. Durchgeführte Arbeiten

- Charakterisierung und Vergleich der Huminsäuren Aldrich, Carlsfeld, M42: Ionenfokussierende Elektrophorese und Octanol-Wasser-Verteilungsversuche in Abhängigkeit von pH-Wert, Ionenstärke und Konzentration unter Verwendung radioaktiv markierter Huminstoffe (^{111}In , ^{131}I) zur Einstellung naturnaher Konzentrationsverhältnisse
- Entwicklung einer Methode zur Radiomarkierung von Huminstoffen mittels ^{18}F
- Präparative Arbeiten zur Gewinnung eines $^{140}\text{Ba}/^{140}\text{La}$ -Generators durch Uranspaltung sowie zur selektiven und rückstandsfreien Isolierung des Tochternuklids
- Radiotracerversuche zum pH-abhängigen Sorptionsverhalten von La an Seesand im Konzentrationsbereich 10^{-10} bis 10^{-5} M in An- und Abwesenheit von Huminsäure; erste Untersuchungen zu Konkurrenzeffekten von Al
- Radioanalytische Untersuchungen zur Humatkomplexbildung von La im Konzentrationsbereich 10^{-11} bis 10^{-6} M in Abhängigkeit vom pH-Wert
- Untersuchung der pH-abhängigen Sorptionseigenschaften der Huminsäuren in verdünnter Lösung *via* Radiomarkierung mit ^{131}I
- Speziationsrechnungen zur Hydrolyse von Lanthaniden, Al, In

4. Ergebnisse

Der Einsatz von ^{140}La als Analogtracer für dreiwertige Actiniden und die Verwendung radioaktiv markierter Huminsäuren gestattet Untersuchungen zur Sorption und Humatkomplexbildung unter relevanten Konzentrationsverhältnissen. Der dominierende Einfluss des pH-Wertes auf das Mobilisierungsverhalten von DOC gegenüber Schwermetallen im Kolloid-Matrix-System findet sich bestätigt. Nach gegenwärtigem Kenntnisstand treten direkte Konkurrenzreaktionen höherwertiger geogener Metalle gegenüber ihrer Flockungswirkung in den Hintergrund. Aus Tracerversuchen geht hervor, dass die Humatkomplexbildung mit dreiwertigen Metallen kein reversibles Gleichgewicht darstellt, sondern permanenten Charakter hat. Radioanalytisch bestimmte Sorptionsisothermen stark verdünnter Huminsäuren zeigen einen Langmuir-artigen Sättigungsverlauf. Das elektrophoretische Verhalten von Huminstoffen und deren summarische Verteilung im Octanol-Wasser-System sind substanzspezifisch.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Beprobung und Aufarbeitung weiterer repräsentativer Geomatrices (Diabas, Phyllit, Kupferschiefer) zur Verwendung in Sorptionsversuchen
- Fortsetzung der Sorptions- und Komplexbildungsstudien mit radioanalytischen und klassischen Methoden (ICP-MS, ICP-OES), schwerpunktmäßige Untersuchung des Einflusses von Al, Zr
- Säulenversuche zur Retardation der Schwermetallmigration durch Flockungsprozesse

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

H. Lippold, D. Rößler, A. Mansel, K. Franke, H. Kupsch: „Untersuchung des Einflusses von Konkurrenzreaktionen starker Elektrolyte auf die Komplexbildung und Sorption von Schwermetallen (Actiniden) mit Huminsäuren mittels radioaktiver Tracer“, Beitrag im PtWT+E-Bericht: Untertägige Entsorgung - 5. Projektstatusgespräch zu FuE-Vorhaben auf dem Gebiet der Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen, Leipzig, 15./16. Mai 2001, FZKA-PTE Nr. 7.

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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 364.980,00 DM	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 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

- Durchführung erster Versuche zur Untersuchung des Einflusses des Druckes auf Umlöseprozesse an durchströmten Kapillaren im NaCl-Einkristall
- Berechnungen zur Dimensionierung und Erstellung der Messkonzeption einer Apparatur zur Bestimmung der NaCl-Löslichkeit in Abhängigkeit von Druck u. Temperatur für unterschiedliche Aufbauprinzipien
- Vorbereitungen zum Aufbau dieser Apparatur

4. Ergebnisse

- NaCl-Einkristalle reißen bei längerer Druckeinwirkung, Modifizierung der Einspannvorrichtung notwendig
- Messkonzeption mit Fehlerabschätzung zum Aufbau einer Apparatur zur Bestimmung der NaCl-Löslichkeit in Abhängigkeit von Druck u. Temperatur liegt vor

5. Geplante Weiterarbeiten

- Verbesserung der Apparatur zur Untersuchung der Einflüsse von Druck u. Temperatur auf Umlöseprozesse an durchströmten Kapillaren im NaCl-Einkristall u. Weiterführung der Versuche (AP 5)
- Weitere Vorbereitungen zum Aufbau der Apparatur zur Bestimmung der NaCl-Löslichkeit in Abhängigkeit von Druck u. Temperatur (AP 5)
 - Beschaffung von Geräten und Kleinteilen (Thermostat, Ventile...)
 - Umbau der Versuchseinrichtung für die Temperierung der Apparatur entsprechend der Messkonzeption
- Aufbau der Apparatur zur Bestimmung der NaCl-Löslichkeit in Abhängigkeit von Druck u. Temperatur (AP 5)

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

H. Fröhlich, C. Elliger, Prof. Dr. W. Voigt, T. Suworow: „Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen“. Beitrag im PtWT+E-Bericht: Untertägige Entsorgung - 5. Projektstatusgespräch zu FuE-Vorhaben auf dem Gebiet der Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen, Leipzig, 15./16. Mai 2001, FZKA-PTE Nr. 7.

Auftragnehmer: Battelle Ingenieurtechnik, Am Römerhof 35, 60486 Frankfurt		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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.727.898,88 DM		Projektleiter: Dipl.-Ing. Fröhlich	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

Durchführung als Kooperationsvorhaben mit der TU Bergakademie in Freiberg.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Umbau und Ertüchtigung der Versuchseinrichtungen für die Durchlässigkeitsuntersuchungen bei Temperaturen von bis zu 150 °C
- Durchführung von Permeabilitätsmessungen mit Gas bei Temperaturen bis 150 °C
- Permeabilitätsmessungen mit Lauge bei einer Temperatur von 90 °C
- Bestimmung der Viskosität verschiedener Laugen bei Temperaturen von bis zu 150 °C
- Visualisierung der Porenstruktur von noch nicht mit Lauge durchströmten Proben durch Tränkung mit Epoxidharz
- Anpassung der Messapparatur und des Auswerteprogramms zur Bestimmung der zugänglichen Porosität
- Hg – porosimetrische Analyse von kompaktiertem Salzgrus
- XRD-Analyse (Pulverdiffraktometrie) verschiedener Salzgrusarten als Methode zur späteren Untersuchung der Umkristallisation innerhalb des mit Lauge durchströmten Salzkerns

4. Ergebnisse

- bei Messungen mit Gas hat die Temperatur keinen Einfluss auf die Permeabilitäts/Porositätsbeziehung
- die ersten Messungen mit Lauge bei einer Temperatur von 90 °C zeigen bei anhydrithaltigem Salz (A9) keinen signifikanten Unterschied zu den Messungen bei 40 °C
- Mit Epoxidharz können Makroporen im kompaktierten Salz als Vollpräparat kontrastreich dargestellt werden

5. Geplante Weiterarbeiten

- Test der Volumenstrommesstechnik mit Lauge als Messfluid bei Temperaturen bis 150 °C
- Weiterführung der Permeabilitätsmessungen mit Lauge bei Temperaturen von 90 °C und 150 °C
- Bestimmung der zugänglichen Porosität vor und nach jeder Permeabilitätsmessung
- Visualisierung der Porenstruktur nach der Durchströmung der Proben mit Lauge
- Auswertung der Viskositätsmessungen und Vergleich mit Literaturdaten
- Bestimmung der Porenradienverteilung und der Konnektivität der Poren in den Probenkörpern

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

H. Fröhlich et al.: „Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW – und DE – typischen Temperaturen“. Beitrag im PtWT+E-Bericht: Untertägige Entsorgung - 5. Projektstatusgespräch zu FuE-Vorhaben auf dem Gebiet der Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen, Leipzig, 15./16. Mai 2001, FZKA-PTE Nr. 7.

Auftragnehmer: Gruppe Ökologie, Kleine Düwelstraße 21, 30171 Hannover		Förderkennzeichen: 02 E 9350
Vorhabensbezeichnung: Vergleichende Bewertung von Entsorgungsoptionen für radioaktive Abfälle		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2000 bis 31.03.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 31.03.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 135.551,00 DM	Projektleiter: Dipl.-Geol. Kreusch	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Paket 1:

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

Paket 2:

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

Paket 3:

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Der Abschlussbericht wurde erstellt.

4. Ergebnisse

Ausgehend von der Darstellung der in ausgewählten Ländern diskutierten Entsorgungsoptionen sowie ihrer jeweiligen Ziele und Begründungen wurden folgende Optionen einer qualitativen vergleichenden Bewertung unterzogen: „Baldige Endlagerung“ mit schnellem Verschluss des Endlagers und Verzicht auf Rückholbarkeit und weitergehende Kontrollmaßnahmen, „Endlagerung mit Rückholbarkeit“, „kontrollierte geologische Langzeitlagerung“, „Langzeitzwischenlagerung und Dauerlagerung“.

Dabei zeigt sich die baldige Endlagerung unter Sicherheitsaspekten allen anderen Optionen überlegen, auch unter den gegenwärtigen Zukunftsperspektiven der Kernenergie in Deutschland. Wenn aus anderen sicherheitsorientierten (z.B. ethischen) Gründen andere Optionen als die baldige Endlagerung verfolgt werden sollten, müssten Einbußen an der Sicherheit bzw. der Zuverlässigkeit des Sicherheitsnachweises in Kauf genommen werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

Das Vorhaben ist abgeschlossen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Veröffentlichungen geplant

Zuwendungsempfänger: TU München, Arcisstraße 21, 80290 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.040.800,00 DM	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

Für die Realisierung der Vorhabensziele AP(I) und AP(II), wurden die Tonbildner $\text{Si}(\text{OH})_4$ und $\text{Al}(\text{OH})_3$ unter kontrollierter Variation von umweltrelevanten Bedingungen: pH, Ionenstärke, sowie Si- und Al-Konzentration, bei 20°C und 1 atm, und in Anwesenheit von Am-241(III) miteinander in einer Säure-Base-Neutralisationsreaktion zur Wechselwirkung gebracht.

Die jeweiligen Am-Aktivitätsverteilungen zwischen der ionisch gelösten, kolloidalen und festen Phase wurden in Parameter-Screeningversuche nach verschiedenen Zeitintervallen bestimmt. Die entsprechenden Verteilungen der Si- und Al-Konzentration wurden in repräsentativen Beispielen ebenfalls bestimmt. Die Quantifizierung sowie Charakterisierung der Kolloide wurden im Institut für Nukleare Entsorgung, Forschungszentrum Karlsruhe durchgeführt.

Die Möglichkeit der Instandsetzung eines, im Institut für Radiochemie, TU-München, vorhandenen Geräts für die Laser-Induced-Breakdown-Detection bzw. für die Laser-Fluorescence-Spectroscopy wurde geprüft.

4. Ergebnisse

Die Erzeugung von stabilen Alumina-Silika-Am-Fremdkolloiden durch heterogene Nukleation und ausgehend von den einzelnen primären Grundwasserkomponenten unter normalen Naturbedingungen, konnte nachgewiesen werden. Mehrere Hinweise, die zur Zeit geprüft werden, deuten auf die Existenz solcher Kolloidspezies, die eine irreversible Am-Bindung in dem Alumina-Silikatgerüst enthalten.

5. Geplante Weiterarbeiten

AP(I): Am Beispiel von synthetischen Tonkolloiden werden die Parameter die den Bildungsvorgang (heterogene Nukleation und Dispersion) sowie die Stabilität von Grundwasserkolloiden beeinflussen, wie z.B. Einfluss der Kationen (Na^+ , Ca^{2+} , Fe^{3+}) bzw. Anionen (Karbonat, Humat) weiter untersucht. An-Eigenkolloide werden mittels eines elektrochemischen Verfahrens generiert und der Einfluss relevanter Parameter abgeschätzt. Die stabilen Kolloide werden quantifiziert und durch Element-, Struktur sowie Größenverteilungsbestimmung charakterisiert.

AP(II): Wechselwirkung von Actiniden mit Grundwasserkolloiden: Am Beispiel von Am- und Pu-Tonkolloiden werden die relativen Anteilen von reversiblen und irreversiblen Am-Kolloid-Bindungen durch Oberflächensorptions- bzw. Inkorporationsreaktionen bestimmt. Die Möglichkeit einer Stabilisierung, sowohl der Eigen- als auch der Fremdkolloide, durch Beschichtung mit Huminstoffen wird erkundet.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Universität Stuttgart, Keplerstraße 7, 70550 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 795.680,00 DM	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 der Division of Water Resources Engineering, KTH Stockholm, und der SKB wird ein Feldfall aufgebaut und ausgewertet. Anhand dieses Feldfalls können relevante Daten und Prozesse identifiziert werden. Begleitend dazu sollen entkoppelte Lösungsverfahren und eine gemischte FE-FV-Formulierung zur Reduktion der umfangreichen Rechenzeiten weiterentwickelt werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Bislang durchgeführte Arbeiten:

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

4. Um die von Kluftgebiet- und Gittergeneratoren erzeugten Gebietsbeschreibungen zur Simulation nutzen zu können, wurde ein Tool geschrieben, das die jeweiligen Daten für MUFTE_UG nutzbar macht.
5. Für eine bessere Approximation der Geschwindigkeiten wurde die "Discontinuous Galerkin Finite Elemente Methode" implementiert, zunächst nur für Einphasenprobleme. Um die entstehenden linearen Gleichungssysteme effizient lösen zu können, wurde das Mehrgitterverfahren von MUFTE_UG angepasst.
6. Unterschiedliche Ansätze zur geostatistischen Erfassung der Klufttrauhigkeiten wurden verglichen. Hierbei tauchte die Frage auf, inwieweit von einer oberen Grenze für Kluftöffnungsweiten bei dem verwendeten Modell ausgegangen werden kann.
7. Verschiedene Upscaling-Methoden wurden theoretisch aufbereitet. Am erfolgversprechensten erscheint ein Renormalisierungsansatz verbunden mit einem Perkulationsmodell.
8. Es wurden numerische Experimente mit dreidimensionalen stochastisch generierten Kluftsystem unternommen. Bei diesen Experimenten wurde zunächst vereinfachend DNAPL als nichtbenetzende Phase angenommen.
9. Verschiedene Diskretisierungsverfahren wurden auf ihre Robustheit bei der Berechnung von Mehrphasenströmungsprozessen in stark heterogenen Gebieten untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen dienen als Basis für eine Veröffentlichung in der Fachzeitschrift „Advances in Water Resources“.

4. Ergebnisse

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

Ausführliche Tests bestätigen die verbesserte Approximationseigenschaften der Discontinuous Galerkin Methode gegenüber der Finiten Volumen-Methoden, ein Resultat der höheren Approximationsordnung. Das Mehrgitterverfahren für Discontinuous Galerkin Methode ist der erste gut funktionierende iterative Löser für diese Diskretisierungsmethode.

Aufgrund der eingebauten Interface Bedingung sind wesentlich höhere Zeitschritte bei der numerischen Simulation des Eindringens der Gasphase in die Matrix möglich als bisher. Diese Verbesserung der Zeitschritte wurden dokumentiert und sind für eine Veröffentlichung vorgesehen.

5. Geplante Weiterarbeiten

Ein verbessertes Upscaling-Verfahren soll implementiert und auf verschiedene geostatistisch erzeugte Kluftöffnungsweitenverteilungen angewendet werden. Die aus dem Upscaling-Verfahren erzeugten effektiven Parameter sollen in das 3D Kluft Matrix Modell eingebunden werden. Es sollen hierbei verschiedene numerische Experimente unternommen werden, um den Einfluss der Öffnungsweitenverteilungen auf die Migration der Gasphase zu untersuchen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

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

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

Bastian, P.; Reichenberger, V.: Multigrid for Higher Order Discontinuous Galerkin Finite Elements Applied to Groundwater Flow, IWR Preprint 2000, Universität Heidelberg, November 2000

Helmig, R.; Jakobs, H.: Gas Water Processes in Fractured Porous Media – Comparison of Different Upscaling Methods, Tagungsband des 3. Workshops "Kluftaquifere - Gekoppelte Prozesse", November 2000

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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 821.837,00 DM	Projektleiter: Dr. Richter	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Verfahren der Positronen-Emissions-Tomographie soll erstmals für räumlich aufgelöste Messungen von Transportprozessen in unterschiedlichen Wirtsgesteinen (Tone, Tongestein, Salzgestein) genutzt werden. Die bisher eingesetzten tomographischen Verfahren liefern im allgemeinen nur Informationen zur Porenstruktur der Feststoffmatrix, während PET eine direkte Beobachtung der Advektions- und Diffusionsprozesse im Inneren der Probe ermöglicht. Für die Untersuchungen steht ein neuentwickelter PET-Scanner (GEO-PET) zur Verfügung. Durch Markierung mit verschiedenen Isotopen (Co-58, Cu-64, Br-76, F-18) werden mit wässrigen Lösungen variabler Zusammensetzung der lokale Fluidtransport und die Migration von Schwermetallen im Spurenkonzentrationsbereich in den Zonen erhöhter Permeabilität ($>1E-20$ 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 Probenspezifik
- AP3: Entwicklung des Bildrekonstruktionsverfahrens unter Berücksichtigung der Probenspezifik
- AP4: Entwicklung und Bau der Hochdruckversuchsapparatur
- AP5: Räumlich-zeitliche Untersuchungen zum Einfluss der Strukturinhomogenitäten auf den Transport in Tonen und Tongestein bei unterschiedlicher Lösungskonzentration

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Fertigstellung und Drucktest der Pumpen- und Regelungsarmatur zur Hochdruckversuchsanlage
- Umbau der Versuchsaufbauten
- Konstruktion und Bau spezieller Kollimatoren für den PET-Scanner
- Computersimulation zur Optimierung der Detektorkonfiguration
- Arbeiten zur Entwicklung der tomographischen Bildrekonstruktion
- Eich- und Testmessungen am PET-Scanner zur Ermittlung des Auflösungsvermögens und der Korrekturfunktionen (Streuung, Absorption)

4. Ergebnisse

- Drucktests der Pump- und Regelungsarmatur abgeschlossen
- Verbesserung der tomographischen Messtechnik durch Einbau optimierter Kollimatoren
- Ansätze zur Reduktion der Bildfehler auf Grund der Simulationsrechnungen
- Versuchssäulen für Radiotraceruntersuchungen zur Migration in Tonschichten einsatzbereit

5. Geplante Weiterarbeiten

- Inbetriebnahme und Funktionstest der kompletten Hochdruckversuchsanlage
- Eich- und Phantommessungen am GEO-PET
- Vervollkommnung des Bildrekonstruktionsverfahrens

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 276.979,28 DM	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.

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

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 Versuchsfeld wurde die Datenerfassungsanlage zur Bestimmung des Poreninnendruckes aus der Zugangsstrecke ausgebaut, in einer neu eingerichteten Messstrecke wieder aufgestellt und in Betrieb genommen. Mit der Freilegung des Erhitzers 1 kann daher begonnen werden. Für die Beprobung des Tonversatzes, die Rückgewinnung der Filterrohre, die Erprobung einer Bohrtechnik im wasser-gesättigten Versatz und die Installation neuer Filterrohre am Erhitzer 2 ist in mehreren Projektgesprächen ein Konzept erarbeitet worden.

In Abstimmung mit der Europäischen Kommission ist das Freilegen des Erhitzers 1 auf Frühjahr 2002 verschoben worden, um die Vorgänge der Wasseraufsättigung im Tonversatz weiter zu beobachten.

Die Messungen im Versuchsfeld zu Gasfreisetzung und Porendruckaufbau im Versatz sowie deren Permeabilität wurden weitergeführt.

Im Labor wurde die Präparation der Proben für die Ermittlung der Gasentwicklung aus dem Versatzmaterial abgeschlossen und für die Expositionszeiten von 300 und 1 000 Tagen wurden die Proben in den Wärmeschrank mit einer Temperatur von 90 °C eingelagert.

4. Ergebnisse

Die Gasentwicklung im wasserungesättigten Versatz am Erhitzer geht weiter. Obwohl das System nicht dicht ist, steigt die Konzentration der erfassten Komponenten weiter an. In der Kontaktzone zum Granitgebirge wird der Versatzkörper mit Formationswasser aus dem unliegenden Gebirge weiter aufgesättigt. In diesem Bereich steigt der Poreninnendruck kontinuierlich an.

5. Geplante Weiterarbeiten

Im Frühjahr 2002 soll der Erhitzer 1 freigelegt und die installierten Komponenten ausgebaut werden. Die Filterrohre sollen rückgewonnen und begutachtet werden, um die Eignung für weitere ähnliche Versuche zu überprüfen.

Am Erhitzer 2 sollen neue Filterrohre mit den zugehörigen Beprobungsleitungen und einer Ventilstation installiert werden. Die Komponenten hierfür sind entwickelt worden, müssen aber noch gebaut werden. Die Bohr- und Installationsarbeiten sind mit den übrigen Versuchsbeteiligten abzustimmen.

Im Labor soll die Gaserzeugung und -freisetzung aus dem Versatzmaterial bei 90 °C für Expositionszeiten von 1 bis 100 Tagen ermittelt werden.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 537.768,85 DM		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

Nach der Installation des zweiten Erhitzerbohrloches (CORALUS tube 2) in 2000 konnte im Januar 2001 der in situ Versuch gestartet werden, in dem die verschiedenen Versatzmaterialien mit synthetischem Formationswasser aufgesättigt wurden. Von diesem Wasser wurden Proben für die Analyse entnommen. Im April 2001, vor Einschalten der Erhitzer, wurden aus den verschiedenen Probenahmestellen im Versatz (Piezometern) weitere Wasserproben für die Analyse entnommen. Im Labor wurden die in diesen Wässern gelösten Gase bestimmt.

Im Labor wurde die Präparation der Proben für die Ermittlung der Gasentwicklung aus den verschiedenen Versatzmaterialien abgeschlossen. Für die Expositionszeiten von 300 und 1 000 Tagen wurden die Proben in den Wärmeschrank mit einer Temperatur von 90 °C eingelagert.

4. Ergebnisse

Das synthetischen Formationswasser, das aus dem Versatz vor der Aufheizung entnommen wurde, hatte 50 bis 200 Liter Kohlendioxid pro 1000 kg Wasser gelöst. Dieses Kohlendioxid ist offensichtlich durch Oxydation und Zersetzung der organischen Komponenten im Tonversatzmaterial entstanden. Der Gehalt an weiteren Gasen lag unterhalb der Nachweisgrenze.

5. Geplante Weiterarbeiten

Im Labor soll die Gaserzeugung und -freisetzung aus den verschiedenen Versatzmaterialien bei 90 °C für Expositionszeiten von 1 bis 100 Tagen ermittelt werden.

Aus dem Erhitzerbohrloch (CORALUS tube 2) sollen Wasserproben zur Bestimmung der Gasentwicklung unter erhöhter Temperatur und Strahlung entnommen werden.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Jockwer, N., Wieczorek, K.: Gas Release and Migration in the Boom Clay of Mol within the Project „Corrosion of Active Glass in the Underground Conditions“ (CORALUS), April 2001, GRS – 171, ISBN 3-931995-38-0

Zuwendungsempfänger: TU-Clausthal, Adolph-Roemer-Str. 2 A, 38678 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 30.09.2002	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 395.128,00 DM	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 vorab beprobten Kerne wurden mittels Röntgentomographie (XRT) im Institut für Erdöl-Forschung (IfE) der TUC untersucht, um die orts aufgelöste Verbreitung von Mikroklüften zu visualisieren. Mit BaI_2 -Lösungen beaufschlagte (5 MPa) Bohrkerne zeigen die Interkonnektivität von Mikroklüftsystemen, die anderweitig nicht sichtbar war. Außerdem wurden detaillierte mikroskopische und elektronenmikroskopische Untersuchungen an Oberflächen von offenen Klüften durchgeführt. Die Klüftverteilung und die Klüftweite wurde mittels UV-Mikroskopie an Dünnschliffen bestimmt. Mit Äspö-Granitoiden äquilibrierte Lösungen wurden erzeugt, um geeignetes Material für K_D -Experimente zu gewinnen. Parallel dazu erfolgte die Synthese von Absorbentien (AlOOH) aus $\text{Al}(\text{OH})_3$.

4. Ergebnisse

In unmittelbarer Nähe der NE1 konnten mittels XRT keine Klüftsysteme nachgewiesen werden. Die UV-Mikroskopie dagegen ergibt einen Volumenanteil von 0.02 % offenen Klüften in diesem Bereich. Hingegen zeigt Äspö-Diorit im Bereich von Kleinklüften (ca. 4 m Abstand zur NE1) Klüftvolumenanteile von 0.2-0.6 %. Bisher war nach makroskopischer Kernbeschreibung von einer abnehmenden Mikroklüftdichte mit zunehmender Entfernung von der transmissiven Klüft ausgegangen worden. Die Klüftsysteme unmittelbar an der NE1 sind größtenteils verheilt, vermutlich auf Grund rezenter Mineralausfällungen.

Neben den sekundären Klüftmineralen (Epidot, Chlorit, Tonminerale, Fe-(hydr)oxide, Fluorit und Pyrit) konnten als rezente Neubildungen auch BaSO_4 und vermutlich ZnCO_3 nachgewiesen werden. Weitere Untersuchungen deuten darauf hin, dass das potentielle Rückhaltevolumen von alterierten Feldspat- und zu einem geringeren Anteil von alterierten Glimmer-Oberflächen dominiert wird.

Auch nach 5 Monaten Versuchsdauer sind die Lösungen für die K_D -Experimente noch nicht im Gleichgewicht mit den Gesteinen. Insbesondere U steigt weiterhin an, ebenso Ba und Sr im Äspö-Diorit.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die UV-Mikroskopie soll an weiteren Proben, die gezielt im Nahbereich von Großklüften genommen werden, auch an verschiedenen Gesteinstypen durchgeführt werden. Ein Vergleich der Verteilung von Mikroklüften im Bereich von Kleinklüften zwischen Småland-Granit und Äspö-Diorit wird ebenfalls mittels UV-Mikroskopie durchgeführt. Die Schichtdicke der Sekundärminerale, vor allem der Beläge auf Feldspäten, soll präzisiert werden. Daneben werden Experimente zur Bestimmung von K_D -Werten mit AlOOH und wasserhaltiger Kieselsäure begonnen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Quartalsberichte an SKB

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9420	
Vorhabensbezeichnung: Laboruntersuchungen der gekoppelten hydraulisch-mechanischen Eigenschaften von Kernproben des Allovo-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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 203.994,00 DM		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 Tonsteinproben
- Messungen des Wasserverlustes der Tonsteinproben
- Messungen der Gaspermeabilität an 3 Tonsteinproben
- Durchführung einaxialer Kriechversuche an 9 Tonsteinproben

4. Ergebnisse

- Die von ANDRA gelieferten 7 Bohrkern aus der Schachtvorbohrung am URL-Standort Meuse/Haute Marne sind visuell homogen und zeigen keine signifikante Schichtung bzw. Gefügeschäden. In den ersten Versuchen wurden eine mittlere Dichte von $2,41\text{g/cm}^3$, eine mittlere Porosität von 15% und ein mittlerer Wassergehalt von 5% gemessen.
- Nach zweitägiger Ofentrocknung bei 105°C nahm der Wassergehalt der Probe bis zu ca. 5% ab. Bei einer anderen Probe, die in Raumluft bei $20 - 23^\circ\text{C}$ und einer Luftfeuchtigkeit von 25 - 38 % getrocknet wurde, ergab sich ein Wasserverlust von bis ca. 3,8 % nach 5 Tagen. Nach Auslagerung der im Ofen getrockneten Probe in die Raumluft stieg die Probenfeuchtigkeit durch Wiederaufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft innerhalb von fünf Tagen wieder bis zu dem Endwassergehalt der Probe, die nur an Luft getrocknet wurde, zu. Die Ergebnisse zeigen, wie empfindlich die Proben auf Änderung der Umgebungsbedingungen reagieren und dass letztere bei den Laboruntersuchungen genauestens zu kontrollieren sind.
- Die Gaspermeabilität des Tonsteins nimmt mit zunehmendem Manteldruck ab. Im Bereich eines Manteldrucks von 0,8 bis 11,5 MPa wurden Gaspermeabilitäten von 10^{-17} m^2 bis 10^{-20} m^2 gemessen. Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit denen von anderen Tonsteinen, wie z.B. beim Opalinus Tonstein in Mont Terri Untertagelabor.
- Bei den Kriechversuchen wurden folgende Phänomene beobachtet:
 - zeitabhängige irreversible Kriechverformungen bei kleinen Spannungen unter 2 – 3 MPa
 - der Anteil der reversiblen Verformung nach 1 bis 2 Monaten Kriechen unter 8 MPa ist wesentlich höher als die irreversible Verformung
 - nicht lineare Zunahme der Kriechverformung bzw. Kriechrate durch Erhöhung der Spannung
 - die Kriechverformung bzw. die Kriechrate der Tonproben senkrecht zur Schichtung sind höher als bei den Proben parallel zur Schichtung
 - die Kriechverformung bzw. die Kriechrate der großen Proben mit $D=100\text{mm}/L=200\text{mm}$ sind höher als bei den kleinen Proben mit $D=45\text{mm}/L=90\text{mm}$; nicht signifikante Lokalabhängigkeit des Kriechverhaltens des Tonsteins.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung der Kriechversuche;
- Durchführung der Gaspermeabilitätsversuche an 3 Proben parallel zur Schichtung;
- Durchführung der triaxialen Kompressionsversuche an 6 Proben
- Durchführung der einaxialen Relaxationsversuche an ca. 5 Proben.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 993.891,00 DM	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 EBS-Task Force 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 EBS-Task Force diskutiert und ggf. modifiziert. Eine Überprüfung der Erkenntnisse erfolgt anhand der gegen Projektende verfügbaren Messdaten für den In-situ-Test.

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Modellrechnungen

- AS 1.1: vereinfachtes Modell
- AS 1.2: Modellrechnungen
- AS 1.3: Beobachtung der Task Force
- AS 1.4: Dokumentation

Laboruntersuchungen

- AS: Dokumentation

3. Durchgeführte Arbeiten

- Der Vergleich der numerischen Modelle für den zusammenfassenden Bericht über die Ergebnisse des Projekts „Zweiphasenfluss im geklüfteten Kristallin im Hartgesteinslabor Äspö – Strömungsverhältnisse im Stollennahfeld“ wurde durchgeführt.
- Die Planung des Aufsättigungsversuchs wurde fortgesetzt und Konstruktionszeichnungen für die Messzellen angefertigt.
- Die Arbeiten am konzeptuellen Modell der Aufsättigung und an der mathematischen Beschreibung des Aufsättigungsvorgangs wurden fortgesetzt.

4. Ergebnisse

- Der Modellvergleich gestaltete sich aufwendiger als erwartet. Sowohl Eingabedaten als auch Modellergebnisse sind umfangreich und müssen für einen gründlichen Vergleich vollständig vorliegen. Dies war nicht in allen Fällen gegeben.
- Der vielfach verwendete empirische Diffusionsansatz für die Aufsättigung lässt sich möglicherweise durch ein physikalisch begründetes Advektionsmodell ersetzen. Demnach findet lediglich advektiver Fluss im vollständig aufgesättigten Bereich statt, der durch die Kapillarkräfte und das chemische Potentialgefälle bei der Hydratisierung angetrieben wird.
- Die Fachwelt verwendet in unterschiedlichen THM-Modellen unterschiedliche Grundgleichungen. Bei einer eigenen Herleitung der Grundgleichungen wurden unerwähnte Vereinfachungen insbesondere bei der Behandlung der Dampfdiffusion aufgedeckt.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterentwicklung eines konzeptuellen Modells für die Bentonitaufsättigung.
- Vergleich des Advektionsmodells mit dem Diffusionsmodell auf der Grundlage eines bereits durchgeführten Aufsättigungsversuchs
- Abschluss der Arbeiten zu den Grundgleichungen.
- Entwicklung des einfachen Codes zur Simulation der Aufsättigung.
- Beschaffung der Messzellen und Beginn der Untersuchungen zum Aufsättigungsverhalten mit Äspö-spezifischer Lösung.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.118.240,00 DM		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^{3-} und TcO_4^{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

Die Bestimmungsgrenze für Iod mittels Titration wurde durch Methodenoptimierung gesenkt. Blindwertversuche mit Iod und Selen wurden fast abgeschlossen. Der Umbau der isopiesticen Apparatur wurde fortgesetzt. Die Vorbereitung der Sorbentien zur Oberflächen- und Porositätsbestimmung wurden abgeschlossen. Die Methode zur Bestimmung von Selen wurde implementiert.

4. Ergebnisse

Die Bestimmungsgrenze für Iod mittels Titration liegt nun in der Größenordnung von 10^{-8} mol/l. Es wurde festgestellt, dass eine Sorption von Iod oder Selen an den Wänden der Gefäße für die Sorptionsversuche nicht stattfindet.

5. Geplante Weiterarbeiten

Sorptionsversuche mit den beschafften Sorbentien werden angesetzt werden. Der Umbau der isopiesticen Apparatur wird abgeschlossen werden. Eine zweite isopiestiche Apparatur ist im Bau. Mit den zwei in Kürze zur Verfügung stehenden isopiesticen Apparaturen wird die Vielzahl der geplanten Versuche zur Bestimmung der Pitzer-Koeffizienten ab August 2001 in Angriff genommen. Die Bestimmung der Porosität und der Oberfläche der zum Einsatz kommenden Sorbentien wurde in Auftrag gegeben.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: TU München, Arcisstr. 21, 80290 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.052.737,00 DM	Projektleiter: Prof. 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 von ParaGauss

In den Arbeitspaketen 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

Gemäß Arbeitspaket 3.3 wurde eine erste Version des Solvensmoduls für PARAGAUSS erstellt. Darauf aufbauend wurden Arbeiten zum Arbeitspaket 1.1 (Monomerkomplexe) durchgeführt. Darüber hinaus wurden Arbeiten an den Arbeitspaketen 3.1 (Basissätze) und 1.2 (Dimerkomplexe) aufgenommen. Der im Projekt vorgesehene Linux-Cluster wurde installiert und in Betrieb genommen.

4. Ergebnisse

Im Rahmen des Arbeitspaketes 3.3 wurde das COSMO-Verfahren zur selbstkonsistenten Berechnung der Wechselwirkung eines Moleküls mit einem als dielektrisches Kontinuum behandelten Lösungsmittel im Programmsystem PARAGAUSS implementiert. Eine erste Version des Lösungsmittelmoduls erlaubt nichtrelativistische sowie skalarrelativistische Berechnungen. Es wurden Testrechnungen an einfachen Molekülen durchgeführt, um das Modul zu evaluieren, z.B. an H_2O , OH^- , H_3O^+ , F^- , und NH_3 . Als erste Anwendung wurde die Solvatation von Uranyl behandelt. Als wichtiges Ergebnis ist festzuhalten, dass zur genaueren Modellierung von Lösungsmittelleffekten eine explizite Berücksichtigung von Wassermolekülen der ersten Solvatationshülle mit direkter chemischer Wechselwirkung zum Solvat für eine adäquate Beschreibung erforderlich ist. Nur so wird gute Übereinstimmung mit experimentellen Abschätzungen zur Solvatationsenergie erzielt.

Im Rahmen des Arbeitspaketes 1.1 wurden Lösungsmittelleffekte auf die Stabilität der Komplexe $\text{AcO}_2\text{L}_4^{n-}$ für $\text{Ac} = \text{U}$, Np und $\text{L} = \text{F}$, Cl^- , OH^- und H_2O berechnet. In der Gasphase sind alle drei betrachteten ionischen Liganden deutlich stärker gebunden als aquatischer Lösung. Dort werden alle Komplexe destabilisiert, wobei F^- und OH^- stärker gebunden sind als Chlorid oder Wasser als Ligand. Im Vergleich zu Wasser wird also insbesondere der Chloridligand destabilisiert. Wie zu erwarten, ergeben sich hierbei lediglich vernachlässigbare Unterschiede (bis zu 2 kcal/mol) zwischen Uran und Neptunium. Eine Veröffentlichung dieser Ergebnisse wird vorbereitet.

Im Arbeitspaket 3.1 wurden erste Arbeiten zur Evaluierung von Basissätzen für Thorium durchgeführt. Hierzu wurden einfache Verbindungen wie ThO , ThO_2 und $\text{Th}(\text{H}_2\text{O})^{3+}$ berechnet. Diese Arbeiten stehen im Zusammenhang mit der inzwischen aufgenommenen Zusammenarbeit mit dem Institut für Nukleare Entsorgung (INE, FZ Karlsruhe) zur Interpretation von XANES-Spektren verschiedener Th-Oxide und Hydroxide.

Ferner wurden Arbeiten zu Oligomeren von Aktinoidenkomplexen am Beispiel Uran (Arbeitspaket 1.2) aufgenommen. Als Pilotsystem wurde hierzu die Dimerisierung von UO_2^{n+} ($n = 4, 2, 0$) untersucht. Entsprechend der stark geladenen Ionen konnte nur für die Verbindung von U(IV) ein stabiler Komplex gefunden werden. Derzeit werden die in der Literatur diskutierten Dimer-Komplexe des Typs $\text{UO}_2(\text{B})_2^{n+}$ untersucht, wobei als verbrückende Liganden B sowohl O^{2-} als auch OH^- zur Diskussion stehen. Erste Ergebnisse zu U(VI) lassen vermuten, dass Sauerstoff zu stärkeren Brücken als Hydroxid führt. Die Arbeiten werden im Hinblick auf niederere Oxidationsstufen des Urans sowie Wasseranlagerung und Solvatationseffekte fortgeführt.

5. Geplante Weiterarbeiten

In den nächsten Monaten werden die Arbeiten an den Arbeitspaketen 1.1 und 1.2 fortgeführt. Neben U und Np wird insbesondere im Arbeitspaket 1.1 auch Th behandelt, sobald die Arbeiten zur Basisatzevaluierung für Th abgeschlossen sind (AP 3.1). Die Aufnahme weiterer Aktinoide ins aktuelle Arbeitsprogramm wird insbesondere in Absprache mit dem INE Karlsruhe erfolgen. Bei entsprechender Entwicklung der Personalsituation sollen im nächsten Halbjahr die Arbeiten zur Adsorption (Arbeitspakete 3.4 und 2.1) teilweise vorgezogen werden.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

M. S. K. Fuchs, A. M. Shor, N. Rösch:

„The Hydration of the Uranyl Dication. Incorporation of Solvent Effects in Parallel Density Functional Calculations with the Program PARAGAUSS“, International Journal of Quantum Chemistry, in Druck

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 997.198,00 DM		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

Es werden Kaskadenversuche mit zwei unterschiedlichen Feststoffzusammensetzungen, einer mit zementgebundenen Material und einer mit zementgebundenen Material und Bentonit durchgeführt. In den Versuchen sollen als Ausgangslösung sowohl eine IP21-Lösung als auch eine gesättigte NaCl-Lösung eingesetzt werden.

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

In diesem Arbeitspaket werden Durchströmungsversuche durchgeführt, um die hydraulischen Eigenschaften eines zementgebundenen Materials beim Eindringen korrosiver Lösung zu untersuchen. Die Hilfe des aus AP2 erhaltenen chemischen Reaktionspfades werden weitere Durchströmungsversuche mit synthetisch hergestellten Lösungen durchgeführt, mit deren Hilfe man die Zementkorrosion mit z. T. an Zementbestandteilen aufgesättigter Lösung bestimmt, 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 auch noch 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

Nach einer Literaturrecherche (AP1) wurden zunächst die Kaskadenversuche zur Aufklärung des chemischen Reaktionspfades zwischen zementhaltigen Materialien und den Lösungen IP21 bzw. gesättigter NaCl-Lösung durchgeführt (AP2). Im AP3 werden zur Zeit Proben durchströmt und für die entsprechenden Zeiträume reagieren gelassen. Die Auswertung der ersten Durchströmungsversuche erfolgt zur Zeit. Die bestehende Datenbasis wurde um log k-Werte weiterer Zementphasen erweitert, die in die Datenbasis implementiert wurden (AP5).

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. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Materialien in ihrer Beständigkeit gegenüber salinaren Lösungen grundlegend unterscheiden. Der Magnesiabinder verhält sich gegenüber NaCl-Lösung chemisch instabil und es kommt zur Auflösung der festigkeitsbildenden Phase $Mg_3(OH)_5Cl \cdot 4H_2O$. Beim Salzmörtel kommt es zur Auflösung der Zementphasen (CSH) in Mg-reichen Lösungen (IP21).

Die bisherigen Experimente geben bereits wertvolle Informationen über die ablaufenden chemischen Reaktionen und der langzeitlichen Entwicklung zementhaltiger Materialien in Kontakt zu salinaren Tiefenwässern.

Unsicherheiten sind noch im Bereich der Phasenbestimmung zu finden. Sowohl der Ausgangsphasenbestand als auch die gefundenen festen Reaktionsprodukte konnten bisher nur quantitativ bestimmt werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

- AP1 Die Auswertung der Literaturrecherche über die Wechselwirkung des Systems Ton-Zement-Lösung wird entsprechend dem Zeitplan fortgeführt.
- AP2 Die Ergebnisse der Untersuchung an dem Zementsystem werden weitergeführt und parallel werden die Untersuchungen des Systems Ton-Zement-Lösung begonnen.
- AP3 Die experimentellen Laborversuche bezüglich der hydraulischen Eigenschaften des Zementes werden fortgeführt, die Experimente zu den hydraulischen Eigenschaften bezüglich des Tons werden im September beginnen.
- AP4 Nach Durchströmung der korrodierten Proben werden die mechanischen Eigenschaften des korrodierten Zementsystems bestimmt.
- AP5 Geochemische Modellierung der Reaktion Zement in Kontakt zu IP21- bzw. NaCl-Lösung werden durchgeführt und 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: 01.04.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 308.375,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Fanghänel	

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. 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 (evtl. Eingabe von Sorptionsdaten)	Fortsetzung begonnen	wird fortgesetzt wird fortgesetzt
AP2:	Entwicklung der Tabellenstruktur Entwurf des Datenflusses Eingabe- und Ausgabemasken	begonnen begonnen begonnen	(weitgehend) abgeschlossen (weitgehend) abgeschlossen wird fortgesetzt
AP3-6:		nicht bearbeitet	

4. Ergebnisse

Gegenwärtig liegen 345 Literaturstellen zu Mineraleigenschaften, experimentellen Sorptionsdaten und Oberflächenkomplexierungsmodellen vor, die in der Datenbank als Referenzen erfasst sind. Die Recherche zu SCM-Parametern, -Modellen, und -Experimenten läuft im Institut kontinuierlich weiter. Die Entwicklung der Tabellenstruktur und der Entwurf des Datenflusses der Sorptionsdatenbank sind weitgehend abgeschlossen. In den Haupttabellen werden gegenwärtig Mineral-, Liganden-, Komplex- und Oberflächeneigenschaften sowie Protolyse- und Reaktionsdaten erfasst. Daneben enthält die Datenbank Tabellen mit Daten zu den verwendeten Charakterisierungsmethoden und Oberflächenkomplexierungsmodellen.

Teilweise wurden Masken zur komfortablen Ein- und Ausgabe von Daten erstellt. Formularbasiert können gegenwärtig Mineraleigenschaften, Oberflächen-, Protolyse- und Komplexierungsdaten sowie Publikationen ein- bzw. ausgegeben werden.

Mit der Eingabe von Primärdaten wurde bereits begonnen. Im Berichtszeitraum wurden 66 Minerale, 71 Angaben zu spezifischen Oberflächen, 172 Protolyse- und 249 Komplexbildungskonstanten in den entsprechenden Tabellen erfasst.

5. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Literaturrecherche (Fortsetzung)
- AP2: Ein- und Ausgabemasken (Fortsetzung)
Programmierung und Überarbeitung des DB-Prototyps
- AP3: Auswahl/Abfrage von Datensätzen
- 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: 01.04.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 547.756,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Michel	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Tone als Material für geotechnische Barrieren weisen eine hohe Sorptionskapazität für kationische Schadstoffe auf. Ihre Fähigkeit, Anionen zu sorbieren ist sehr gering, kann aber wesentlich verbessert werden, wenn die anorganischen Zwischenschichtkationen gegen 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. Pertechnetat), bzw. Chromat 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
 - Chemische und mineralogische Charakterisierung
 - Strukturelle Kennzeichnung des Zwischenschichttraumes
 - Einfluss der Organophilierung auf Mikrostruktur und Gefüge
- 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: Diskussion mit Vertretern der Institute für Anorganische Chemie und Makromolekulare Chemie der Uni Hannover über Modellierung von Organoton-Systemen bzw. Auffinden oder Herstellen von geeigneten Organokationen
- AP 4: Röntgenbeugungsanalyse des mit Hexadecylpyridinium (HDPy⁺) belegten russ. Vermiculites
- AP 6: Vorversuche zur Sorption von Chromat an Organoton in Abhängigkeit des pH-Wertes (pH 3 bis 9) in bidestilliertem Wasser mit bereits vorhandenem Material (russ. Vermiculit, belegt mit HDPy⁺)
- AP 7: Vorversuche zur Sorption von Iod an Organotonen bei erhöhten Temperaturen mit bereits vorhandenem Material (MX-80-Bentonit, Russ. Vermiculit, beide belegt mit HDPy⁺)
- AP 9: Vorversuche mit Organotonen (s. AP 7) in hochsalinärer Lösung (IP-9)

4. Ergebnisse

- AP 1: Die Auswahl der organischen Kationen orientiert sich zunächst an den kommerziell erhältlichen Chemikalien.
- AP 4: Die ersten Röntgenbeugungsdiagramme zeigen, dass HDPy⁺ in die Zwischenschichten von russ. Vermiculit eingebaut wurde. Dabei kommt es zu einer Schichtaufweitung von anfänglich 1.2 nm auf 3.94 nm (HDPy⁺-Angebot : 150% der Kationenaustauschkapazität)
- AP 6: Die Sorption von Chromat an HDPy⁺-Vermiculit (HDPy⁺-Angebot : 150% der Kationenaustauschkapazität) zeigt eine starke pH-Abhängigkeit. Bei pH ≤ 7 konnte ca. die vierfache Menge an Chromat im Vergleich zu der bei pH 9 sorbiert werden.
- AP 7: Bei Erhöhung der Temperatur während des Sorptionsvorgangs bis auf 90 °C nimmt die Iod-sorption durch MX-80 Bentonit geringfügig ab. Für Vermiculit liegen noch keine Ergebnisse vor.
- AP 9: noch keine Ergebnisse

5. Geplante Weiterarbeiten

Nach Auswahl geeignet erscheinender Organokationen in Zusammenarbeit mit dem Inst. f. Makromolekulare Chemie werden zunächst Organotone hergestellt und diese so schnell wie möglich in Batch-Versuchen auf ihre Sorptionsfähigkeit hin getestet. Anschließend an die chemische und mineralogische Charakterisierung dieser Systeme folgt die Identifizierung des/der geeignetsten Systems/Systeme.

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: 01.04.2001 bis 30.06.2001
Gesamtkosten des Vorhabens: 736.250,00 DM	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
- Erarbeitung der Anzuchtvorschrift für die *Desulfovibrio äspöensis* Biomasse
- Beginn der Installation der Apparaturen zur Biomassegewinnung
- Installation der Geräte in der Glove Box zur Akkumulation der Actinide an der Biomasse

4. Ergebnisse

- Einrichtung der Glove Box
- Reinigung der Actiniden-Stammlösungen
- rechnerische und spektroskopische Bestimmung der Uran-Speziation in den zu verwendenden Ausgangslösungen

5. Geplante Weiterarbeiten

- Gewinnung der *Desulfovibrio äspöensis* Biomasse
- Optimierung der Herstellungsprozedur
- Bioakkumulation von Uran in Abhängigkeit des pH-Wertes und der Ionenstärke
- erste spektroskopische Messungen am Bioakkumulat

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

2.2 C-Vorhaben

Zuwendungsempfänger: Kali+Salz, Friedrich-Ebert-Str. 160, 34119 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 13.299.913,00 DM	Projektleiter: Dr. Breidung	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Gesamtziele des Vorhabens sind die Entwicklung eines Grundkonzeptes, Bau und Test von Elementen für Schachtverschlussbauwerke nach der TA Abfall für Untertagedeponien (UTD's) im Salinar. Aufbauend auf diesem Konzept können künftige Schachtverschlüsse realisiert werden, die dann bei Gebirgsdruckeinwirkungen und hohen Belastungen durch saline Lösungen über längere Zeiträume hinweg stabil, dicht und wartungsfrei sind. Diese 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.
Erstellen von Betriebsplänen zu aktuellen Projektaktivitäten
- AP2** - Fortführung von Konvergenz- und Temperaturmessungen bis zum Ende der Projektlaufzeit
- AP3** - Schotterbefüllung im Schacht SA II Füllortbereich 700m-Sohle sowie Einbau von Messsystemen und Fortsetzung der Messungen
- AP4** - Erarbeiten eines modifizierten Konzeptes zur Versuchsdurchführung (Druckbeaufschlagung)
Qualitätsüberwachung der Messsysteme für den Bohrschachtversuch
Erarbeiten von Durchführungsanweisungen für den Bohrschachtversuch
Druckbeaufschlagung des Bohrschachtes mit Messwerterfassung und -auswertung
- AP5** - Gebirgsmechanische Berechnungen zur Langzeitsicherheit der Verfüllsäule aus Schotter im Schacht SA II
Gebirgsmechanische und hydraulische Berechnungen zur Langzeitsicherheit des Schachtverschlussbauwerkes

4. Ergebnisse

- AP4** - modifiziertes Konzept zur Versuchsdurchführung (Druckbeaufschlagung)
Durchführungsanweisungen für den Bohrschachtversuch
Nachweis der sicheren Funktion und Wirkungsweise des Dichtsystems im Bohrschachtversuch gegenüber Fluiddrücken bis 40 bar
- AP5** - Gebirgsmechanische Berechnungen zur Verfüllsäule aus Schotter
Gebirgsmechanische und hydraulische Berechnungen zur Langzeitsicherheit des Schachtverschlussbauwerkes

5. Geplante Weiterarbeiten

- AP3** - Weitere Verfüllung, Einbau, Einbau der Messsysteme sowie Datenerfassung Schottersäule Schacht SA II
- AP4** - Fortsetzung der Druckhaltephase bei 70 bar im Bohrschachtversuch
Untersuchung des Bohrschachtes nach Aufschluss der Dichtelemente
- AP5** - Weiterführende hydraulische und gebirgsmechanische Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit des Schachtverschlussbauwerkes

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: TU-BAF, Akademiestr. 6, 09596 Freiberg		Förderkennzeichen: 02 C 0527
Vorhabensbezeichnung: In-situ-Ermittlung von Strömungskennwerten natürlicher Salzgesteine in Auflockerungszonen gegenüber Gas und Salzlösungen unter den gegebenen Spannungsbedingungen im Gebirge		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1997 bis 31.03.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 31.03.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.240.660,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Häfner	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben hat als Ziele:

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1 Festlegung der Versuchsbedingungen, Versuchsorte und Versuchsparameter
- AP 2 Versuchs- und Messtechnik
- AP 3 Theoretische Modelle
- AP 4 Vorbereitung der Versuchsorte sowie der Versuchsdurchführung
- AP 5 Durchführung der Messungen
- AP 6 Ergebnisanalyse, Endauswertung
- AP 7 Berichte

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Untersuchungsprogramm entsprechend AP 1 – 7:

- Durchführung von FRAC-Untersuchungen mit Öl und mit Gas in einer Maschinenstrecke (kreisrund und in ungestörter Lage) der Grube Bernburg zur Untersuchung der im vorletzten Zwischenbericht dargelegten Probleme bei den Fracuntersuchungen,
- Durchführung von Durchlässigkeitsuntersuchungen mit Gas in der Maschinenstrecke der Grube Bernburg,
- Anfertigung eines Entwurfes des Abschlussberichtes über die Ergebnisse der im Projekt durchgeführten Untersuchungen.

- **Ergebnisse**

- Alle durchgeführten FRAC-Untersuchungen (ob mit Öl oder mit Gas durchgeführt) zeigten wiederholt bei Fluidrücken größer 115 bar bis 140 bar Umströmungen im unmittelbaren Packerelementebereich, die nicht auf Rissbildungen durch den klassischen Frac zurückzuführen sind. Ein konstanter Ruhedruck nach einem Frac stellt sich in diesen Fällen auch nicht nach Unterschreiten dieser Drücke ein. Bei Bedingungen, die Fracdrücke unterhalb der obengenannten Druckwerte erforderten (stoßnahe Bedingungen), konnten die Ruhedrucke erfolgreich bestimmt werden. Die aufgetretenen Phänomene, die im Rahmen des Projektes erstmals beschrieben wurden, sind also unabhängig vom Standort.
- Die bestimmten Durchlässigkeiten entsprechen denen in der Maschinenstrecke EU1 der Grube "Glück Auf" in Sondershausen in horizontaler Richtung.
- Der Abschlussbericht über die Ergebnisse der im Projekt durchgeführten Untersuchungen wurde im Entwurf fertiggestellt.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Berichtslegung

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: FhG-München, Leonrodstraße 54, 80636 München		Förderkennzeichen: 02 C 0537
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung und In-situ-Test akustischer Verfahren zur zerstörungsfreien Beurteilung von Auflockerungszonen 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: 01.10.1997 bis 31.12.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.132.021,00 DM	Projektleiter: Dr. Kühnicke	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

- Arbeitspunkt 5:* Anwendung des aktiven und passiven Verfahrens zur Langzeitüberwachung der Auflockerungszone während der Belastung eines Versuchs-Dammbauwerks
- Arbeitspunkt 6:* Auswertung und Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten

- Arbeitspunkt 1:* Die Modelluntersuchungen im Berichtszeitraum konzentrierten sich auf die Beschreibung der Richtcharakteristiken von punktförmigen Sensoren und auf die Ausbreitung von Oberflächenwellen bei der Berücksichtigung des Auflockerungsgradienten.
- Arbeitspunkt 2-4:* Im Berichtszeitraum keine Aktivitäten.
- Arbeitspunkt 5:* In unmittelbarer Umgebung des Versuchsverschlussbauwerks (EU 1) wurde eine mikroseismische Überwachungseinrichtung mit sechs Bohrlochsensoren betrieben.
- Arbeitspunkt 6:* Im Berichtszeitraum keine Aktivitäten.

4. Ergebnisse

- Arbeitspunkt 1:* Die Modelluntersuchungen zeigen, dass zwei unterschiedliche Effekte zur zerstörungsfreien, d.h. zur bohrlochfreien Charakterisierung der Auflockerungszone verwendet werden können. Für Wellenlängen klein im Verhältnis zur Mächtigkeit der Auflockerungszone kann die Beugung, die auf der Veränderung der Schallgeschwindigkeiten beruht, genutzt werden. Die Messung der frequenzabhängigen Ausbreitungsgeschwindigkeit von Oberflächenwellen mit Wellenlängen in der Größenordnung der Ausdehnung der Auflockerungszone stellt eine weitere Möglichkeit dar.
- Arbeitspunkt 5:* Schlüssige Ergebnisse liegen zurzeit noch nicht vor.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten zu den Arbeitspunkten 1,3,5 und 6 der TU BA Freiberg werden planmäßig fortgeführt.

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 Sicherheits Gesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1997 bis 30.06.2003	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 6.363.803,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Sitz	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

AP 8/9: Druckbeaufschlagung der Druckkammer 1 mit Salzlösung bis 33,5 bar.

4. Ergebnisse

AP 8/9: Ab 07.02.2001 wurde eine „Undichtigkeit“ der Verschlussbauwerkes nachgewiesen. Als Ursache werden Schrumpfungerscheinungen im Salzmörtel des Sohlenkanals bzw. Imperfektionen an den Messkabeln vermutet.

5. Geplante Weiterarbeiten

AP 8/9: Durchführung der im „Maßnahmeplan zur Wiederherstellung geeigneter Versuchsbedingungen und zur Weiterführung des Versuches am Verschlussbauwerk Sondershausen“ vom 08.06.01 geplanten Arbeiten.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Universität Leipzig, Talstraße 35, 04103 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 C 0558
Vorhabensbezeichnung: Komplexes Mess- und Auswertinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und UTD im Salinar - Geologie, Einbeziehung von Geoelektrik und Seismik		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1998 bis 30.06.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.192.454,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Jacobs	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Die Widerstandsmessungen bei gleichzeitiger Messung und Variation des Feuchtegehalts von Miniprobe wurden fortgesetzt und weitere tomographische Widerstandsmessungen an Bohrkernen wurden durchgeführt. Die Vollraum-Modellierungen auf der Basis von FE-Berechnungen anhand eines verbesserten Modells unter Einbeziehung der Ergebnisse der Projektpartner wurden weitergeführt. Die 3D-FE-Modellierung der Streckengeometrie wird zur Verbesserung der Ausgangsdaten für eine 2D-Widerstandsinversion genutzt, mit deutlich verbesserten Resultaten. Es erfolgte eine Interpretation der seismischen Daten in Zusammenhang mit den Ergebnissen der anderen geophysikalischen Verfahren unter Berücksichtigung der Bohrungsinformationen. Es wurde ein gemeinsames geologisches Modell,

das aus der Kombination der verschiedenen geophysikalischen Verfahren resultiert, erstellt. Mit der Erstellung des Abschlussberichtes wurde begonnen; ein Anschlussvorhaben wurde beantragt.

4. Ergebnisse

Labormessungen: Die simultanen Wassergehalts-Widerstandsmessungen an Minikernen ergeben hinreichend sichere Basisdaten für die Entwicklung eines petrophysikalischen Modells für den Zusammenhang der beiden Parameter. Gleichzeitig bilden die Tomographie-Ergebnisse eine Grundlage für die Übertragung auf die makroskopischen Bedingungen.

Die Einbeziehung eines 3D-FE-Modells des Streckenverlaufs mit einem angenommenen homogenen Widerstand, das in der Nähe der Einspeiseelektroden detailliert und fein gerastert vorgegeben werden muss, bewirkt eine deutliche Verbesserung des 2D-Inversionsergebnisses (Schärfung der Kontraste, Verringerung der Artefakte). Die Seismik liefert ein strukturelles Bild mit Schichtgrenzen sowie Indikationen für Störungen und Bereiche verringerter Festigkeit. Geoelektrische Anomalien, die auf Feuchtebereiche hindeuten, stimmen mit den gefundenen Störungen und vermuteten Auflockerungszonen überein. Die Überlagerung der Ergebnisse aller verwendeten geophysikalischen Verfahren führt zu einer Erhöhung der Aussagesicherheit gegenüber den Einzelverfahren. Das damit gefundene geologische Modell erlaubt eine zwingende Interpretation, nämlich eine mindestens 40 m in das Hangende reichende laugenführende Störungszone im Anhydrit. Als Ergebnis des Vorhabens wurde ein komplexes Mess- und Auswertearbeitsinstrumentarium geschaffen, das gegenüber dem bisherigen Stand von Wissenschaft und Technik einen deutlichen anwendungsorientierten Erkenntnisfortschritt erbringt. Weiterer Forschungsbedarf verbleibt aber in Bezug auf die Auswerteverfahren sowie auf die Verallgemeinerung auf andere Standorte.

5. Geplante Weiterarbeiten

Fertigstellung des Abschlussberichtes.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Aschmann, L., Kulenkampff, J., Jacobs, F. (2001): FE-Modellierung geoelektrischer Untertagemessungen. 61. Jahrestagung der DGG, Frankfurt am Main.

Jacobs, F. et al. (2001): Complex measuring and evaluation system for investigation of problem zones of the geological barrier of repositories and underground deposits in salt rock. IAEA Waste Management Research Abstracts (WMRA), Vol. 26.

Kulenkampff, J., Just, A., Aschmann, L., Jacobs, F. (2001): Geoelektrische Untersuchungen zu Feuchte-zonen im Salinar – eine Frage des Auflösungsvermögens? - 61. Jahrestagung der DGG, Frankfurt am Main.

Kulenkampff, J., Aschmann, L., Jacobs, F., Schuck, A., Lindner, U., Kurz, G., Moise, E., Schulz, R. (2001): Modellierung von Problemzonen im Salinar mit Hilfe komplexer geophysikalischer Untertagemessungen. - 61. Jahrestagung der DGG, Frankfurt am Main.

Kulenkampff, J., Aschmann, L., Jacobs, F., Schuck, A., Lindner, U., Schwandt, A., Kurz, G., Moise, E., Schulz, R., Reutter, O., Schubert, H., Kühnicke, H. (2001): Komplexes Mess- und Auswertearbeitsinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und UTD im Salinar. FZKA-PTE (Karlsruhe) (in Druck).

Zuwendungsempfänger: FhG-München, Leonrodstraße 54, 80636 München		Förderkennzeichen: 02 C 0568
Vorhabensbezeichnung: Komplexes Mess- und Auswertinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und Untertagedeponien im Salinar; Einbeziehung von Sonarverfahren		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1998 bis 30.06.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 880.000,00 DM	Projektleiter: Dr. Kühnicke	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Arbeitspunkte 1-3:* Im Berichtszeitraum keine Aktivitäten.
- Arbeitspunkt 4:* Das Verhalten der Sender und Empfänger für die in Bischofferode gewählte Bohrlochankopplung wurde modelliert.
- Arbeitspunkt 5:* Die Aussagekraft des SAFT-Rekonstruktionverfahrens ist durch Anpassung an die Geometrie des Messfeldes verbessert worden.
- Arbeitspunkt 6:* Der Datenaustausch mit den Projektpartner für die komplexe Bewertung wurde verfeinert.
- Arbeitspunkt 7:* Die Arbeiten zum Abschlussbericht wurden mit den Vorhabenspartnern Uni Leipzig und GGA Hannover abgestimmt und begonnen.

4. Ergebnisse

- Arbeitspunkt 4:* Die Bohrlochankopplung der Sender und Empfänger musste gewählt werden, da in dem alten Grubengebäude Firstabschalungen und die Beschaffenheit der Sohle die Ausbreitung akustischer Wellen behindert hat. Die Bohrlochankopplung ist ungewöhnlich. Die Modellrechnungen zeigen, dass auf Grund der vielen Reflexionen im Nahbereich in einer Zone von ca. 10 m die Messdaten nicht ausgewertet werden können.
- Arbeitspunkt 5:* Der Kontrast der reflektierenden Schichtgrenzen konnte durch die Verfahrensverbesserung erhöht werden.
- Arbeitspunkt 7:* Die im Rahmen des Vorhabens geplanten Forschungsarbeiten wurden erfolgreich abgeschlossen. Die komplexe Auswertung der unterschiedlichen geophysikalischen Messmethoden steigert Erfolg und Aussagekraft der untertägigen Erkundung von Problemzonen im Salinar. Wesentliche Teile des Abschlussberichtes liegen vor.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten zum Abschlussbericht werden bis 31. August 2001 abgeschlossen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben, Stilleweg 2, 30655 Hannover		Förderkennzeichen: 02 C 0578
Vorhabensbezeichnung: Komplexes Mess- und Auswertinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und UTD im Salinar -Einbeziehung elektromagnetischer Verfahren-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1998 bis 30.09.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 877.300,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Schulz	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- AP1, 2, 3,4 und 5: abgeschlossen
- AP6: Umsetzung des Konzeptes zur kombinierten Interpretation für die Messdaten der Elektromagnetik, Georadar und Geoelektrik ist abgeschlossen.

4. Ergebnisse

Ein technischer Bericht, in dem sämtliche elektromagnetische (EM) und elektromagnetische Reflexionsmessungen (EMR, Georadar) erfasst sind, ist als erster Teil des Abschlussberichtes fertig gestellt. Die strukturelle Interpretation wurde bei dem Radarverfahren, um eine Untersuchung des Hangendprofils bezüglich Störungszonen ergänzt. Diese Störungszonen korrelieren mit den durch die Erstellung des Problemindex erkannten feuchten Bereichen.

Aus der In-Phase- und Out-of-Phase-Komponente des EM-Verfahrens wurde eine Programm entwickelt eine scheinbare Leitfähigkeit für Bedingungen im Vollraum abzuleiten.

Das Anomaliekriterium für die Wellenverfahren wurde weiter entwickelt. Im Gegensatz zum ersten Ansatz bei dem das Kriterium über die Amplitudenverteilung definiert wurde, ist es effektiver, das Kriterium über die Energieverteilung zu erstellen. Dadurch arbeitet der entwickelte „moving window“-Filter wirkungsvoller. Die Übertragung des Kriteriums auf die verschiedenen Wellenverfahren (Georadar, Seismik und Sonar) erfolgte durch die Anpassung der Fensterlänge des Filters. Dieser muss auf die jeweilige Signallänge angepasst werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

In enger Absprache mit den Projektpartnern wird der Abschlussberichtes erstellt. In diesem wird ein Konzept zur Anwendung des entwickelten Auswerteinstrumentariums auf andere Standorte vorgestellt. Für ein beantragtes Anschlussvorhaben werden Informationen von Grubenbetreiber für in Frage kommende weitere Mess-Standorte eingeholt.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

KURZ, G., MOISE, E. & SCHULZ, R. (2001): Untertägige Anwendung der Horizontalspulenmethode im Salinar – neue Ansätze zur Dateninterpretation. – 61. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, 19.3. – 23.3.2001, Frankfurt, Abstract EM13: 36.

MOISE, E., KURZ, G. & SCHULZ, R. (2001): Charakterisierung von untertägigen Problemzonen durch einen Anomalieindex. – 61. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, 19.3. – 23.3.2001, Frankfurt, Abstract BP04 :19.

KURZ, G., MOISE, E. & SCHULZ, R. (2001): Interpretation von untertägigen Elektromagnetik-Daten als Teil einer umfassenden geophysikalischen Erkundung. – DGG-Seminar Ingenieur- und Umweltgeophysik, 9.5. – 11.5.2001, Neustadt (erscheint in DGG-Mitteilungen).

KURZ, G., MOISE, E. & SCHULZ, R. (2001): Übersicht über die Elektromagnetischen Messungen (EM, EMR) im Salzbergwerk Bischofferode. - Bericht, GGA Archiv: 16 S., Anl: 1 CD; Hannover.

Zuwendungsempfänger: TU-Clausthal, Adolph-Roemer-Str. 2 A, 38678 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 C 0588
Vorhabensbezeichnung: Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des grubenraumnahen Gebirges in Verbindung mit der Planung von Damm- und Verschlussbauwerken im Salinar -Teil A: Mechanische Modellbildung und mechanisch-hydraulische Tragwerksanalyse-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1998 bis 31.12.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.031.373,36 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Lux	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- * Durchführung von Modellversuchen auf dem Modellprüfstand;
- * Auswertung von Modellversuchen und numerische Nachrechnung
- * Programmierung erweiterte Versuchssoftware Modellprüfstand;
- * Fertigstellung und Einbau neuer Druckstücke zur Aufnahme der Ultraschallprüfköpfe;
- * Herstellung von Salzprüfkörpern;
- * Durchführung von Kriech- und Festigkeitsversuchen zur Ableitung der Stoffmodellparameter Hou/Lux;
- * Bestimmung der Stoffmodellparameter Hou/Lux auf der Basis von Laborversuchen;
- * Mechanisch-hydraulisch gekoppelte FEM-Berechnungen für ein artifizielles Dammbauwerk;

4. Ergebnisse

- * Modellversuche an axialgelochten Großbohrkernen;
- * Erweiterung der programmtechnischen Steuerung des Modellprüfstandes;
- * Sonderversuche zur Ermittlung der Stoffmodellparameter Hou/Lux
- * Parameterbestimmung für Stoffmodell Hou/Lux auf der Basis von Laborversuchen;
- * Numerische Simulation des Tragverhaltens der aufgelockerten Saumzone im Streckenbereich;
- * Numerische Simulation des Strömungsverhaltens der aufgelockerten Saumzone im Streckenbereich.
- * Erste Validationsrechnungen zur Überprüfung der mechanisch-hydraulisch gekoppelten Analyse
- * Numerische Analyse eines kegelförmigen Dammbauwerkes

5. Geplante Weiterarbeiten

- * Herstellung geeigneten Prüfkörpermaterials aus den erbohrten Kernen;
- * Durchführung von Laborversuchen an axialgelochten Großbohrkernen;
- * Versuche mit Ultraschallmessung, Durchströmung und Dilatanzmessung;
- * Versuch mit axial gelochten Großbohrkernen bei gleichzeitiger Durchströmung;
- * Numerische Simulation von Versuchen an axialgelochten Großbohrkernen;
- * Numerische Analyse eines kegelförmigen Dammbauwerkes;
- * Akustische Messungen durch GmuG

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: TU-Clausthal, Adolph-Roemer-Str. 2 A, 38678 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 C 0598
Vorhabensbezeichnung: Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des grubenraumnahen Gebirges in Verbindung mit der Planung von Damm- und Verschlussbauwerken im Salinar -Teil B: Hydraulische Modellbildung-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1998 bis 31.12.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 876.750,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Pusch	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

Bezug zu anderen Vorhaben: Prof. Lux, TU Clausthal-Teil A: Mechanische Modellbildung und mechanisch-hydraulische Tragwerksanalyse.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Kompressions-Extensionsversuche: Das experimentelle Programm wurde abgeschlossen. Insgesamt wurden 18 Kompressionsversuche mit der TRIAX-300 Zelle unter unterschiedlichen Versuchsbedingungen durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in Bezug auf die im Arbeitsprogramm festgelegten Zielsetzungen ausgewertet. Die Dilatanz-Kompressionsgrenze sowie die Permeabilitäts-Porenvolumenänderung wurden in Abhängigkeit von der mechanischen Parametern bestimmt. Für

jeden Versuch wurde, die Porositätsänderung am belasteten Kern gemessen, die Endporosität- Permeabilitätskorrelation wurde direkt gemessen und davon die Initialwerte berechnet.

Akustische Messungen: Es wurden insgesamt zehn der Kompressionsversuche mit akustischen Messungen gekoppelt. Um die Auflösung beim Orten der Risse verbessern zu können, wurden die Messungen mit unterschiedlichen Anordnungen der Akustik-Sensoren auf Salzkernen durchgeführt und verschiedene Filterverfahren eingesetzt. Die Auswertung der Versuche konnte noch nicht vollständig abgeschlossen werden. Die räumliche Verteilung der georteten Ereignisse würde im Rahmen der Messauflösung erfasst und mit Hilfe der GMuG Software bestimmt.

Visualisierungsarbeiten: Das Arbeitsprogramm zur Visualisierung der Mikro-Wegsamkeiten wurde abgeschlossen und ein Bericht über die Entstehung und Entwicklung der Risse unter deviatorischen Spannungen erstellt. Die zweidimensionalen fraktalen Dimensionen der unbelasteten bzw. unter triaxialen Spannungen belasteten Salzkern wurden nach einem Flächenzähle-Algorithmus experimentell bestimmt.

Hydraulische Modellbildung: Die empirische analytische Korrelation wurde weiterbearbeitet und im Hinblick auf die neuen Versuchsergebnisse getestet. Das auf der Perkolations-theorie basierende Modell wurde fortentwickelt und durch experimentelle Daten überprüft.

4. Ergebnisse

1. Schallemissionsmessungen an Salzproben zeigen, dass im allgemeinen der Einsatz der Schallemission (SE)-Aktivität mit der Dilatanzgrenze übereinstimmt. Der zeitliche Verlauf der SE – Aktivität setzt kurz vom Erreichen des Porositätsminimums (Dilatanzgrenze) ein und steigt mit zunehmender Volumenänderung deutlich an.
2. Die fraktalen Dimensionen der Risse in belasteten und unbelasteten Kernen wurden, basierend auf den optischen Verfahren bestimmt.
3. Es wird beobachtet, dass die Radialbelastung einen wichtigen Einfluss auf die Dilatanzgrenze sowie die Initial- und Endpermeabilität der Salzkern besitzt. Bei der Ermittlung der Dilatanzgrenze, über Porositäts- oder Permeabilitätsänderung, stellt man fest, dass diese voneinander abweichen, wobei der Abweichungsgrad durch die Radialbelastung beeinflusst wird. Obwohl keine Wechselbeziehung zwischen Belastungsgeschwindigkeit und Dilatanzgrenze festgestellt wurde, ist ein deutlicher Effekt der Belastungsgeschwindigkeit auf den Permeabilitätsverlauf offensichtlich.

5. Geplante Weiterarbeiten

Kompression-Extensionsversuche: Nach der endgültige Auswertung der Model-theoretischen Studien, werden, wenn nötig, zusätzliche Triaxial-Messungen durchgeführt, um verbleibende Unsicherheiten der Interpretation zu beseitigen.

Hydraulische Modellbildung: Die Ergebnisse der Visualisierung von Rissbildungen und Rissentwicklung sowie die Triaxial-Messungen werden analytisch weiterbearbeitet und die Kalibrierungs- und Validierungsarbeiten der neu entwickelten Korrelationen beendet.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Fertigstellung von Abschlussbericht und Dokumentation

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0608	
Vorhabensbezeichnung: Geochemische Barriereeffizienz im anaeroben Deponienahfeld einer UTD (Geochemische Barriere)			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1998 bis 30.06.2001		Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.730.884,00 DM		Projektleiter: Dr. Brassler	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Durchführung des Vorhabens ist in folgenden Arbeitsschritten konzipiert:

1. Bestandsaufnahme und Zusammenstellung wissenschaftlicher Ergebnisse zum SM-Verhalten in natürlichen anaeroben Systemen
2. Auswahl und Beschaffung von Abfallproben, Grundwässern, Laugen und deren Analytik
3. Experimentalprogramm mit unterschiedlichen Löseversuchen (Kaskadenversuche, Langzeitumlaufsäulenversuche unter Inertgas, Zugabe von Na₂S und dazugehöriger Analytik
4. Auswertung in Hinblick auf pH- / Eh- Einfluss auf das SM-Mobilisierungsverhalten, Ableitung von Stabilitätsdiagrammen, Beständigkeit von Mineralphasen, Laugenentwicklung und SM-Spezies

3. Durchgeführte Arbeiten

Die experimentellen Arbeiten zu Wechselwirkungssystemen zwischen Filterstäuben aus der Abfallverbrennung und Grundwässern bzw. Salzlauge unter anaeroben Bedingungen (< 100 ppm O_2 in der Gasphase der Glovebox) und vergleichend dazu aeroben Bedingungen (im Kontakt mit Luftsauerstoff) in Form von Umlaufsäulen- und Kaskadenversuchen sowie Löseversuchen unter Zugabe von Pyrit und Schwermetallsalzen sind abgeschlossen. Die Identifizierung der festen Phasen (Ausfällungsprodukte) ist erfolgt, die Analysen der Eluate sowie der Gasphasen liegen vor.

4. Ergebnisse

Je nach Art der Versuchsdurchführung (aerob bzw. anaerob) wurden Unterschiede in den gemessenen Redoxpotentialen, im Lösungsverhalten (u. a. der Schwermetalle) sowie den ermittelten Elementkonzentrationen in den Eluaten festgestellt.

Fällungsreaktionen (Bildung von Schwermetallsulfiden) wurden sowohl unter aeroben wie unter anaeroben Versuchsbedingungen nachgewiesen. Unter anaeroben Versuchsbedingungen wurde darüber hinaus in den Gasphasen insbesondere der Proben CA200, CA203 und CA400 Wasserstoff bzw. Schwefelwasserstoff nachgewiesen.

Die ursprüngliche Einschätzung, dass es bei einer untertägigen Ablagerung der untersuchten Abfälle durch den raschen Abbau des vor Ort eingeschlossenen Sauerstoffs bereits nach relativ kurzer Zeit zu einer quantitativen Fällung der Schwermetalle kommt, konnte in den Untersuchungen (Versuchsdauer drei Monate) jedoch nicht bestätigt werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die Auswertung aller ermittelten Versuchsergebnisse (Umlaufsäulen-, Kaskadenversuche sowie Löseversuche der Proben CA302, CA400 mit Grundwasser bzw. IP21 nach Zugabe von Pyrit und Schwermetallsalzen) erfolgt hinsichtlich des Einflusses der pH- und Eh-Werte auf das Mobilisierungsverhalten der untersuchten Schwermetalle. Die Beständigkeit bzw. Löslichkeit von Mineralphasen (mit begleitenden geochemischen Modellrechnungen) wird dargestellt und bewertet. Neben der Modellierung der Laugenentwicklung werden Schwermetallspezies identifiziert. Die Gesamtzusammenfassung sämtlicher Resultate erfolgt im Abschlussbericht.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0618	
Vorhabensbezeichnung: Erstellung einer Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung geochemischer Informationen zum Verhalten von Abfallinhaltsstoffen im Deckgebirge einer UTD/UTV (Sorptionsdatenbank Chemieabfälle)			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.1998 bis 31.08.2001		Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 913.973,00 DM		Projektleiter: Dr. Brasser	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Durchführung des Vorhabens ist in folgenden Arbeitsschritten konzipiert:

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Parametrisierung der Sorptionskennwerte in der Datenbank
- Implementierung eines Abfrage-Tools
- Bereitstellung eines Tools zur graphischen Darstellung von Sorptionsdaten aus der Datenbank heraus mittels MS Graph
- Einbinden graphischer Darstellungen zu Sorptionsversuchen und Ablage in der Datenbank als Graphikdateien im tif-, bmp- oder gif-Format

4. Ergebnisse

- Durch die Parametrisierung von Sorptionskennwerten ist eine flexible Beschreibung und Kennzeichnung von Versuchsergebnissen sowie eine problemlose Erweiterung der Parameterliste möglich
- Die Bereitstellung eines Abfrage-Tools ermöglicht dem Benutzer eine komfortable Abfrage der Datenbankinhalte ohne Kenntnis der Datenbankstruktur
- Die Bereitstellung eines Tools zur graphischen Darstellung von Sorptionsdaten ermöglicht dem Benutzer eine flexible Generierung von Sorptionsisothermen mittels linearer und nichtlinearer Trendlinien-Anpassungen

5. Geplante Weiterarbeiten

- Plausibilitätsprüfungen der Datenbankinhalte
- Zusammenführung der Datenbankinhalte der Projektpartner
- Fertigstellung des Benutzerhandbuches
- Erstellung des Abschlussberichtes

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.022.701,00 DM	Projektleiter: Frau A. 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

Ein neuer Gittergenerator auf Hexaeder-Basis für einfachere Strukturen wird an der Uni Heidelberg entwickelt, eine erste Version wurde fertiggestellt.

AS2: Für das Modell der WIPP-Site konnten damit Rechengitter in guter numerischer Qualität erzeugt werden. Serielle und erste parallele Rechnungen wurden durchgeführt.

AS1: Die Modellerstellung wurde fortgesetzt.

Der 3D-Tetraeder-Gittergenerator "ART" wurde im Rahmen eines Unterauftrages an das Steinbeis-Zentrum Heidelberg überarbeitet, an d^3f angepasst und anhand des Modells aus AS4 getestet.

4. Ergebnisse

Der o. g. Hexaeder-Gittergenerator wurde von der GRS übernommen. Er arbeitet für einfache Modelle zufriedenstellend.

AS2: Ergebnisse serieller 2 1/2D-Rechnungen mit Hexaedergittern liegen vor.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die Funktion des Hexaedergittergenerators wird erweitert und verbessert.

Der Tetraedergittergenerator ART wird weiter verbessert, ein Konzept zur Vernetzung extrem dünner Schichten wird eingearbeitet („ARTE“).

Eine erste Version von ARTE wird im dritten Quartal zur Verfügung stehen. Mit diesem neuen Werkzeug wird zunächst das Modell aus AS4 vernetzt und gerechnet.

Das Modell aus AS2 wird mit hoher Verfeinerungsstufe parallel gerechnet.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: IfG, Friederikenstraße 60, 04279 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 C 0639	
Vorhabensbezeichnung: Prognose der dynamischen Langzeitstabilität von Grubengebäuden 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: 01.01.2000 bis 31.12.2001		Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.047.821,00 DM		Projektleiter: Dr. Minkley	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- AP 1: Fortführung der Sondierungen zum Entfestigungszustand carnallitischer Tragelemente in situ. In parallel gestoßenen Bohrungen durch Carnallititpfeiler sind TV-Bemusterungen und Fracmesungen durchgeführt worden.
- AP 2: Modellierung von Bohrlochwandausbrüchen mit dem entwickelten visko-elastoplastischen Stoffmodell und Nachbildung der in situ vorgefundenen Konturentfestigung an Carnallititpfeilern.

AP 3: Erarbeitung eines komplexen geomechanischen Strukturmodells zur Modellierung von Kluftwasserströmungen im Deckgebirge unter dem Einfluss von Kriech- und Entfestigungsvorgängen im Abbauhorizont.

- AP 4: Installation von Tiltmetern untertage und über einem abgeworfenen carnallitischen Grubenfeld und Beginn der Neigungsmessungen.
- AP 5: Verifizierung des entwickelten Stoffmodells durch Nachrechnung von Laborversuchen.
- AP 6: Versuchsplanung zur Simulation der Beanspruchung salinärer Barrieregesteine bei quasistatischer und dynamischer Belastung mit schneller Absenkung der minimalen Hauptspannung.

4. Ergebnisse

- AP 1: Die zeitabhängig eingetretene Entfestigung an Carnallitpfeilern lässt sich durch die Lokalisierung von Scherbändern, die Vermessung von Bohrlochwandausbrüchen und die Sondierung des Minimalspannungsaufbaus quantitativ einschätzen.
- AP 2: Die erfolgreiche Nachbildung des in situ vorgefundenen Entfestigungszustandes carnallitischer Tragelemente im gebirgsmechanischen Modell ist die Basis für die rechnerische Prognose langfristig stabil/instabil.
- AP 3: Das Strukturmodell ist grundsätzlich geeignet zur Analyse des Wechselwirkungsprozesses zwischen dem ablaufenden Kriech- und Entfestigungsprozess im Abbauhorizont und dem hydrodynamischen System im Deckgebirge.
- AP 4: An untertägig über einem carnallitischen Grubenfeld installierten Tiltmeter wird eine relativ konstante Neigungsentwicklung gemessen. Am übertägigen Messpunkt ist nach der kurzen Messzeit aufgrund der tages- und jahreszeitlichen Einflussfaktoren (Temperatur, Niederschläge) noch kein genereller Trend erkennbar.
- AP 5: Aus der Nachrechnung eines triaxialen Kriechversuches an Carnallit C₆₀ mit dem entwickelten visko-elasto-plastischen Stoffmodell ergeben sich für die berechnete Kriechverformung mit den verschiedenen Rechencodes FLAC, FLAC 3D, UDEC, 3DEC in die das Pfeilermodell als DLL geladen wurde, maximale Abweichungen um ein Prozent.

5. Geplante Weiterarbeiten

- AP 1: Fortführung der Sondierungen zum Entfestigungszustand carnallitischer Tragelemente mittels Fracmessungen und break-out-Tests.
- AP 2: Prognoserechnungen zur Entwicklung des entfestigungsabhängigen Stabilitätsverhaltens carnallitischer Tragelemente in Abhängigkeit von der Dimensionierung der Pfeiler (Verhältnis Pfeilerbreite zu Pfeilerhöhe).
- AP 3: Durchführung numerischer Berechnungen mit Analysen zur Änderung mechanischer Größen (Beschleunigung des Konvergenz- und Senkungsgeschehens, Druckabfall im hydrodynamischen System) bei Annäherung an labile Grenzzustände.
- AP 4: Analyse der zeitlichen Entwicklung der Neigungen und Einschätzung des im Grubenfeld ablaufenden Entfestigungs- und Deformationsprozesses (stationäre, beschleunigte oder degressive Phase).
- AP 6: Ableitung dynamischer Beanspruchungsgrenzwerte für Salinarbarrieren auf der Grundlage der Laborversuche und der Nachrechnung von Schadensfällen in situ.
- AP 7: Nachrechnung der Verletzung der Integrität der geologischen Liegendbarriere beim Gebirgs-schlag Völkershäuser 1989.

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: 01.01.2001 bis 30.06.2001
Gesamtkosten des Vorhabens: 408.538,00 DM	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

Im Berichtszeitraum erfolgte die planmäßige Ablesung und Wartung der Verformungsmessstellen an allen Messkomplexen. Außerdem wurden Spannungssondierungen mit Hydrofrac am Messkomplex 1 (Einzelstrecke im Unverritzten) und am Messkomplex 3 (Kammersystem zwischen Anhydritklippen) durchgeführt.

Erstmalig erfolgte eine Modellvalidierung für den Messkomplex 5 (Versatzfeld) mit einem ebenen gebirgsmechanischen Strukturmodell, wobei das kombinierte Kriechgesetz im Rahmen einer objektorientierten Programmierung in das Programmsystem FLAC eingebunden wurde.

4. Ergebnisse

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

Die bisher durchgeführten Validierungsrechnungen zeigen, dass 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 ist.

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.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

SALZER, K. (2001): Untersuchungen zur Langzeitsicherheit von UTD in Salzformationen der flachen Lagerung im Zusammenhang mit dem Verformungs- und Bruchverhalten (Phase II/III). 5. Projektgespräch zu FuE-Vorhaben auf dem Gebiet der Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen. 15. und 16. Mai 2001, Universität Leipzig

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0659	
Vorhabensbezeichnung: Langzeitstabilität von Tondichtungen in Salzformationen			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1999 bis 31.12.2001		Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.699.334,00 DM		Projektleiter: Dr. Herbert	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

(AP1) - Vorlaufende Arbeiten

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

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

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

(AP3) - Experimentelle Arbeiten

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Die experimentellen Langzeitversuche an MX80-Lauge-Suspensionen wurden fortgeführt. Die bei 25-, 90- und 150°C getemperten Probenreihen wurden nach 300 und 400 Tagen beprobt und analysiert (TEM, AFM, XRD, ICP). Als Ergänzung und zur Überprüfung der bisherigen Ergebnisse wurden weitere Kurzzeitversuchsreihen (2-, 10-, 50, 100-Tage) angesetzt. An der 2- μ m-Fraktion wurden Phasenuntersuchungen durchgeführt – die Reaktionslösungen wurden auf ihre Zusammensetzung hin analysiert.

4. Ergebnisse

Die Zusammensetzungen der Reaktionslösungen zeigen in Abhängigkeit vom jeweiligen Feststoff-/Lösungsgemisch und den Additiven unterschiedliche zeitliche Entwicklungen. In allen Experimenten stiegen die Si- und Al-Gehalte in den Lösungen bereits nach wenigen Tagen an, um danach wieder abzufallen. Dies wird als Auflösung der feinkörnigen Tonfraktion interpretiert. Si und Al treten in der Lösung nicht im gleichen stöchiometrischen Verhältnis auf, wie im Montmorillonit. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass sich Oktaeder und Tetraeder unterschiedlich schnell lösen. In dieses Bild passen die Ergebnisse der TEM-Analysen und der Berechnungen zu den Veränderungen der Montmorillonitzusammensetzung und der reaktionsbedingten Mixed-Layer-Verteilung aus Partikelanalysen. Die Berechnungen zeigen, dass unter allen Versuchsbedingungen sehr schnell die Oktaederbesetzung von Montmorillonit einen deutlich erhöhten Al-Anteil aufweist und bis zu 20 % des ursprünglichen Montmorillonits rechnerisch als Mixed-Layers auftreten. Diese ML verschwinden bei längeren Versuchszeiten wieder.

Die Untersuchung der Partikelmorphologie mittels TEM zeigt eine Umwandlung der ursprünglich fast filmartigen Matrix in xenomorphe längliche Blättchen. Mittels Elektronenbeugung konnte gezeigt werden, dass die ursprünglich turbostratische Anordnung der Montmorillonitmatrix zu 1 M-Polytyp-Strukturen umgeordnet wird und sich die Zusammensetzung, die Orientierung und die Größe der Partikel und/oder Aggregate ändert. Hinsichtlich der technischen Eigenschaften ist das Quellvermögen der getemperten, mit IP21 bzw. NaCl-Lösung behandelten, 2- μ m-Tonfraktion gegenüber des ursprünglichen MX-80-Materials, bereits bei 25 °C und schon nach 50 Tagen, deutlich verringert.

Rückschlüsse auf die langfristig zu erwartenden Umwandlungen in Illite und/oder Chlorite sind noch nicht möglich. Eine nahezu vollständige und sehr schnelle Auflösung aller Tonmineralphasen, wie sie in anderen Versuchen mit einem hohen Lösungs-/Feststoffverhältnis zu beobachten ist, kann bei den vorliegenden Experimenten nicht bestätigt werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

(AP3): Die experimentellen Laborversuche mit zwei relevanten Salzlösungen und Temperaturen von 25-, 90- und 150°C werden mit der phasenanalytischen Untersuchung der Feststoffphase und der chemischen Zusammensetzung der Fluide abgeschlossen. Abfassung des Abschlussberichtes.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Herbert, H.-J. (2001): Untersuchungen zur geochemischen Stabilität von Tonen in Endlagern und Untertagedeponien – Ergebnisbericht zu den Vorhaben 02 E 8986 und 02 C 0659. Beitrag im PtWT+E-Bericht: Untertägige Entsorgung - 5. Projektstatusgespräch zu FuE-Vorhaben auf dem Gebiet der Ent-

sorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen, Leipzig, 15./16. Mai 2001, FZKA-PTE Nr. 7.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.792.143,00 DM		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 der einphasigen Gas- und Wasserpermeabilitäten und der Zweiphasenflusseigenschaften an 6 Proben des Sand-Ton-Verhältnisses 75/25 sind abgeschlossen.
- Die Messungen der Zweiphasenflusseigenschaften mit Q-Lauge an 4 Proben mit S90/T10 und 2 Proben mit S75/T25 befinden sich in der Auswertung.
- Planung von hydraulisch-mechanischen Labormodellversuchen an großen Steinsalz-Prüfkörpern mit einer mit Sand-Ton-Gemisch verfüllten Zentralbohrung.

4. Ergebnisse

- Bei den Sand-Ton-Proben mit S75/T25 lagen die aus der Korn- und der Gesamtdichte berechneten Porositäten ϕ von 19,2% - 20,9 % etwas niedriger als bei den Proben mit S90/T10 ($\phi = 20,5 - 21,2$ %). Die aus der Wasseraufnahme bei der Sättigung der Proben resultierenden effektiven Porositäten ergaben sich zu 25,7 % bis 28 % für S75/T25.
- Die gemessenen Gaspermeabilitäten des S75/T25-Gemisches mit dem Mittelwert $k_g = 1,7 \cdot 10^{-13}$ m² sind vergleichbar mit $k_g = 2,7 \cdot 10^{-13}$ m² für S90/T10. Jedoch sind die am S75/T25-Gemisch gemessenen Wasserpermeabilitäten von $k_w = 1,2 \cdot 10^{-18} - 1,4 \cdot 10^{-18}$ m² um 2 bis 3 Größenordnungen niedriger als die Werte von $k_w = 8,8 \cdot 10^{-16} - 3,3 \cdot 10^{-15}$ m² für S90/T10.
- Bei Zweiphasenströmungen (Wasser/Gas) an Proben des S75/T25-Gemisches wurden die effektiven Sättigungen $S = 0,8 - 0,95$ beim Kapillardruck $p_c = 0,15$ MPa erreicht und $S = 0,25 - 0,43$ bei $p_c = 0,7$ MPa. Die entsprechenden effektiven Gaspermeabilitäten k_{geff} wurden von $10^{-13} - 10^{-14}$ m² bei $S = 0,25 - 0,43$ und $k_{geff} = 10^{-18} - 10^{-19}$ m² bei $S = 0,25 - 0,43$ gemessen. Die Messergebnisse können durch theoretische Modelle von Brooks/Corey und van Genuchten gut beschrieben werden.
- Die gemessenen Laugenpermeabilitäten mit $k_{sl} = 1,6 \cdot 10^{-14} - 3,2 \cdot 10^{-14}$ m² für S90/T10-Gemisch und $k_{sl} = 1 \cdot 10^{-16} - 4 \cdot 10^{-17}$ m² für S75/T25 liegen um 1 bis 2 Größenordnungen höher als ihre Wasserpermeabilitäten, aber um 1 bis 4 Größenordnungen niedriger als ihre Gaspermeabilitäten.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung der Zweiphasenfluss-Versuche mit Q-Lauge am Gemisch S90/T10 und 75/25;
- Durchführung der Einphasen- / Zweiphasenfluss-Versuche mit Gas, Wasser und Q-Lauge am S50/T50 – Gemisch und an grobkörnigem Tongemisch ;
- Durchführung der hydraulisch-mechanischen Labormodellversuche an großen Prüfkörpern von Steinsalz und Sand-Ton-Gemisch mit dem Verhältnis 90/10.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0679	
Vorhabensbezeichnung: Erstellung und Nutzung einer Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung methodenabhängiger Informationen zum Mobilisationsverhalten und zum Schadstoffpotential von organisch und anorganisch belasteten Feststoffen			
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 30.09.2001		Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 935.111,00 DM		Projektleiter: Dr. Mönig	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Durchführung des Vorhabens ist in folgenden Arbeitsschritten konzipiert:

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Die Datenrecherche zu vorliegenden Ergebnissen von Untersuchungen zur Schadstoffmobilität wurde abgeschlossen.
- Die Eingabe der Mobilitätsdaten wurde fortgesetzt und ist bis auf einige wenige Restdaten abgeschlossen.
- Ein bezüglich der Auswahlkriterien frei konfigurierbares Modul zur Datenauswahl in AMANDA wurde neu programmiert und in die Datenbank integriert. Dieses Modul liefert auch aus den eingegebenen Mobilitätsdaten berechnete Werte wie mobilisierte Anteile bzw. mobilisierte Mengen.
- Eine Schnittstelle für den Export dieser Daten nach Excel zur weiteren statistischen Auswertung und graphischen Darstellung wurde programmiert.

4. Ergebnisse

Ca. 1100 validierte Mobilitätsversuche mit den zugehörigen quantitativen Angaben zu Versuchsparametern, Feststoffkonzentrationen und Eluatkonzentrationen sind in die Datenbank eingetragen worden, davon ca. 850 ein- bzw. mehrstufige Batchversuche, 100 Säulen- bzw. Lysimeterversuche, 60 Kaskadenversuche, 50 Batchversuche mit Parametervariation und 20 Trogversuche.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Beispielhafte statistische Auswertung und Darstellung der Daten
- Abschlussbericht

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.060.278,00 DM		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 drei entwickelten Methoden zur Bestimmung der Gasentwicklung an zehn weiteren Abfallproben eingesetzt. Zusätzlich wurden Untersuchungen der Gasfreisetzung unter anaerob-feuchten Bedingungen durchgeführt. An einer Abfallprobe wurde die Auswirkung der Konditionierung mit Wasser auf das maximale Gasfreisetzungspotential geprüft.

4. Ergebnisse

Die Gasentwicklung ist nach etwa zwei Wochen in den meisten Fällen abgeschlossen. Die hauptsächlich entwickelten Gase sind Wasserstoff und Kohlendioxid. Methan wird nur in wenigen Fällen gefunden, Schwefelwasserstoff fehlt meistens. Das höchste Gasfreisetzungspotential wird bei Filterstäuben, Schlacken und Batterien gefunden (bis zu $10\text{Nm}^3 \text{H}_2/\text{t}$). Flugaschen setzten kaum Gase frei. Die nasse Konditionierung von Filterstäuben führt nur zu einer teilweisen Senkung des Wasserstoffbildungspotentials. Die Gasfreisetzung findet - verlangsamt - auch schon bei normaler Luftfeuchtigkeit statt. Ein direkter Wasserkontakt ist hierfür nicht notwendig.

5. Geplante Weiterarbeiten

Fortführung von Serienmessungen an beschafften Abfallproben. An einzelnen Abfall/Lösungspaaren gezielte experimentelle Variation von Versuchsparametern (Temperatur, Feststoff-/Lösungsverhältnis, Körnung), um deren Einfluss auf die Gasbildungsmenge und -rate zu ermitteln. Versuche zur Abschätzung der mikrobiologischen Aktivität.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Hagemann S., Sprenger H. (2001): Gasfreisetzung aus chemisch-toxischen Abfällen in Untertagedeponien. Beitrag im PtWT+E-Bericht: Untertägige Entsorgung - 5. Projektstatusgespräch zu FuE-Vorhaben auf dem Gebiet der Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen, Leipzig, 15./16. Mai 2001, FZKA-PTE Nr. 7.

Zuwendungsempfänger: K-UTEC, Am Petersenschacht 7, 99706 Sondershausen		Förderkennzeichen: 02 C 0699
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Entwicklung, Anwendung und Eignung von mineralischen Gelen und Bindemittelsystemen auf Sorelbasis zur Einbettung und Sorption schadstoffhaltiger Abfallstoffe und zur Verbesserung der Barrierewirkung von Versatz		
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 30.09.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.101.590,00 DM	Projektleiter: Dipl.-Ing. König	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

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

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

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

AP 6: Langzeitsicherheit für ein komplexes System aus natürlichem Salzgestein und Gelkörpern mit eingelagerten Stoffen

3. Durchgeführte Arbeiten

Arbeitspaket 1: Die Untersuchungen wurden abgeschlossen.

Arbeitspaket 2: Die Untersuchungen wurden abgeschlossen.

Arbeitspaket 3: Die Untersuchungen zum Verhalten eingebetteter Schwermetalle unter Bedingungen des diffusiven Stoffaustausches wurden beendet und werden ausgewertet. Dazu wurden Proben der den Schadstoffpressling umgebenden Gelmatrix in verschiedenen Abständen vom Schadstoffpressling genommen und auf den Schwermetallgehalt untersucht. Zusätzlich wurden Untersuchungen des Einflusses der Orientierung der Diffusion vorgenommen, so dass pro eingebetteten Schadstoffpressling bis zu 10 Untersuchungen durchgeführt wurden.

Die Untersuchungen zum Verhalten eingebetteter Schwermetalle unter Bedingungen der Perkolation mit Fluid wurden abgeschlossen und werden ausgewertet.

Arbeitspaket 4: Die Technikumsuntersuchungen zur kombinierten Anwendung von Versatzmaterial und Gel wurden abgeschlossen.

Arbeitspaket 5: Die Langzeitstandversuche zur Beobachtung des komplexen Systems aus natürlichem Salzgestein und Gelkörper werden weiter untersucht.

Die Untersuchungen der Fluideinwirkung auf Gelsysteme mit eingebetteten Schadstoffen (Cu, Ni, Fe, Zn, Cr als Sulfate) werden regelmäßig beprobt und analysiert.

Arbeitspaket 6: Für die Langzeitsicherung eines komplexen Systems aus Salzgestein und Gelkörpern mit eingelagerten Stoffen wurden konzeptionelle Entwürfe anhand der bisher gewonnenen Erkenntnisse und einschlägiger Literatur erstellt.

4. Ergebnisse

AP 1: Ist abgeschlossen und ausgewertet.

AP 2: Ist abgeschlossen und ausgewertet.

AP 3: Die Untersuchungen zum Verhalten eingebetteter Schwermetalle unter Bedingungen des diffusiven Stoffaustausches zeigen unterschiedliches Verhalten in der Durchdringung der verschiedenen Gele in Abhängigkeit von den verwendeten Schadstoffen.

Auch die Untersuchungen zum Verhalten eingebetteter Schwermetalle unter Bedingungen der Perkolation mit Fluid zeigen, dass die Durchdringung der Gele je nach Schadstoffart verschieden ist.

AP 4: Ist abgeschlossen und ausgewertet.

AP 5: Die bisher durchgeführten Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, dass die Rückhaltewirkung der Gele bezüglich der Schwermetallschadstoffe unterschiedlich ist. Weitere Probenahme und Analytik müssen die bisherigen Erkenntnisse bestätigen.

5. Geplante Weiterarbeiten

Weiterarbeiten wie im Arbeitsplan angegeben.

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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 750.000,00 DM	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 für toxische Schwermetalle 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

- Adsorptionsstudien von ^{64}Cu an der Modellmatrix Seesand im Ultraspurenbereich
- Bestimmung der Sorptionskoeffizienten für Kupfer an Geomatrices (Phyllit, Diabas, Kupferschiefer) im Konzentrationsbereich von $1 \cdot 10^{-5} - 9 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l Cu}^{2+}$
- Bestimmung der Komplexstabilitätskonstanten von Kupferhumaten im Ultraspurenbereich ($2 \cdot 10^{-11} - 1 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l Cu}^{2+}$) mittels reaktorhergestelltem ^{64}Cu in Abhängigkeit vom pH - Wert

- Indirekte Speziation im ternären System Schwermetall (^{64}Cu) / Seesand / Huminsäure im Ultraspu-
renbereich ($1 * 10^{-10} - 1 * 10^{-6} \text{ mol/l Cu}^{2+}$)
- Optimierung des Trennungsganges zur Gewinnung von trägerfreiem ^{140}La aus Spaltprodukten.

4. Ergebnisse

Die Komplexbildungskonstanten für Huminsäure und Cu^{2+} wurden mittels indirekter Speziation durch Anionenaustausch (Sephadex DEAE A - 25) und Ultrafiltration (1k Da) im Cu - Konzentrationsbereich von $2 \cdot 10^{-11}$ bis $1 \cdot 10^{-7}$ mol/l ermittelt. Der dabei verwendete kurzlebige Radiotracer ^{64}Cu ($T_{1/2} = 12,7$ h) wurde im Mainzer TRIGA - Reaktor durch Neutronenaktivierung hergestellt (34,6 MBq / mg Cu). Unter Verwendung des Ladungs-Neutralitäts-Modells ergeben sich $\log \beta_{\text{LC}}$ - Werte von 8,4 bis 7,5 (pH 5) und 8,9 bis 8,4 (pH 6) mit steigender Kupferkonzentration. Die Beladungskapazitäten wurden in diesem Konzentrationsbereich zu 0,000449 (pH 5) und 0,000622 (pH 6) für Cu^{2+} ermittelt. Dies steht im Gegensatz zu den Bestimmungen im $\sim 10^{-5}$ molaren Bereich (z.B. $\text{LC} = 0,348$; $\log \beta_{\text{LC}} = 5,06$ für pH 5). Die Sorptionsstudien wurden mit Kupfer(II) im Konzentrationsbereich von $6 \cdot 10^{-13}$ – $1 \cdot 10^{-6}$ mol/l in Abwesenheit von Huminsäure an der Modellmatrix Seesand im Batchexperiment bei pH 5 fortgeführt. Die maximale adsorbierbare Konzentration beträgt: 0,787 mg/kg. Im ternären System Cu / Seesand / Huminsäure zeigt sich in einem Konzentrationsbereich von $1 \cdot 10^{-10}$ – $1 \cdot 10^{-6}$ mol/l Cu^{2+} bei konstanter Huminsäurekonzentration und pH 5 das Adsorptionverhalten einer Henry - Isotherme mit der Steigung 4,000. Die Sorptionstudien an den Geomatrices Phyllit (Harz), Diabas (Harz) und Mansfelder Kupferschiefer wurden im Batch - Experiment mit Cu^{2+} begonnen. Die Gleichgewichts - pH - Werte betragen 6,0 (Phyllit), 7,8 (Diabas) und 8,0 (Kupferschiefer). Beim Kupferschiefer zeigt sich trotz schwachem Schütteln eine Oberflächenvergrößerung durch Abrieb. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Kernchemie (Mainz) erfolgte die Trennung $^{235}\text{Uran}$ / Spaltprodukte mittels Anionenaustausch an BIO RAD AG 1 – X 8 in 8M HCl. Nach Zugabe von Bariumträger wird BaCl_2 zweimal in rauchender HCl gefällt. Die Ausbeute an ^{140}Ba ist quantitativ. Die Trennung ^{140}Ba / ^{140}La erfolgte durch flüssig - flüssig Extraktion aus 10^{-6} M NaOH in 0,1 M 8 - Hydroxychinolin / Chloroform. Die Ausbeute an ^{140}La ist quantitativ (3,2 MBq / mg ^{235}U), und die radiochemische Reinheit ist gewährleistet.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Fortführung der Sorptionsstudien an den Geomatrices Phyllit, Diabas und Kupferschiefer mit Pb, Cu, Zn und Cd
- Synthese und Aufarbeitung von trägerfreien Radioisotopen im Institut für Kernchemie (Universität Mainz) und im Zentrum für Radiologie (Medizinische Hochschule Hannover), (^{140}La , ^{203}Pb , ^{64}Cu)
- Bestimmung der Sorptionskoeffizienten für toxische Schwermetalle bei Anwesenheit geogener Kohlenstoffverbindungen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.750.726,00 DM		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 Technikumsmaßstab 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 Rückhalte-mechanismen: 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 Rückhalte-mechanismen im Technikumsmaßstab: 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

Ramanspektroskopische Untersuchungen zur Chlorokomplexbildung von Zink (Unterauftrag Herr Dr. Rudolph, Dresden).

Kritische Kompilation von Daten zur Chemie von Zink in basischen Lösungen.

Löslichkeitsmessungen in den Systemen Pb-K-SO₄-H₂O, Pb-K-Cl-SO₄-H₂O, Pb-Na-Cl-SO₄-H₂O, Pb-Zn-SO₄-H₂O.

UV-Messungen an Lösungen der Systeme Pb-Na-SO₄-H₂O, Pb-Na-Cl-SO₄-H₂O.

4. Ergebnisse

Mit Hilfe der Löslichkeitsmessungen im System Pb-K-SO₄-H₂O ließ sich zeigen, dass die bisher gefundene Anomalie in Literaturdaten in diesem System auf Messfehler beruhte. Nach den Ergebnissen der Ramanmessungen bildet Zink drei identifizierbare Komplexe [ZnCl]⁺, [ZnCl₂]⁰ und [ZnCl₄]²⁻. Das Existenzgebiet von [ZnCl]⁺ ist verhältnismäßig schmal. Für die in der Literatur postulierte Existenz eines Komplexes [ZnCl₃]⁻ wurden keine Hinweise gefunden. Die Trennung der Einzelbanden gelingt nur nach Aufnahme isotroper Ramanspektren. Eine Quantifizierung ist derzeit nicht möglich, da für die notwendige Faktoranalyse noch zu wenige Messungen vorliegen.

5. Geplante Weiterarbeiten

Ramanspektroskopische Messungen an Lösungen des Typs (Zn/Cd)-Li-Cl-H₂O. Löslichkeitsmessungen in Systemen des Typs Pb,(Na/K) || (Cl/SO₄), OH-H₂O. UV-Spektroskopische Untersuchungen an Systemen des Typs Pb, (Na/K) || Cl, OH-H₂O. Inbetriebnahme ein Apparatur für potentiometrisch Präzisionsmessungen an zink-, blei- und cadmiumhaltigen Systemen. Entwicklung eines Rechencodes zur modellfreien iterierenden Faktoranalyse von UV- und Ramanspektren. Literaturrecherche zu thermodynamischen Eigenschaften von phosphathaltigen Systemen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: TU-Clausthal, Adolph-Roemer-Str. 2 A, 38678 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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.034.548,00 DM	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 Grubenraumnahbereich entwickeln sich mit der Standzeit zunehmende Gefügeauflockerungen 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

- * Gewinnung von Bohrkernmaterial an zwei Lokationen (Sondershausen, Asse)
- * Konstruktion des Modellprüfstandes und Erstellung technischer Zeichnungen.
- * Herstellung von Prüfkörpern.
- * Literaturstudium zu Stoffmodellen mit Schädigungs- und Verheilungsansätzen.
- * Diskretisierung eines Berechnungsmodells zur Simulation des Tragverhaltens von Dammbauwerken.

4. Ergebnisse

- * Prüfkörpermaterial aus Sondershausen (Grube Glückauf) und Asse
- * Konstruktion und Auslegung der Prüfanlagen (hydraulisch, mechanisch, steuerungstechnisch)
- * FEM Berechnungsmodell für ein Dammbauwerk
- * Grundlagen zur „Verheilung“

5. Geplante Weiterarbeiten

- * Installation der Prüfanlagen
- * Durchführung von Laborversuchen an Vollprüfkörpern zur Quantifizierung der Verheilung
- * Literaturstudium Stoffmodelle mit Verheilung
- * Erweiterung Stoffmodell Hou/Lux um Verheilungsansatz

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: BGR, Stilleweg 2, 30655 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 30.09.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 146.956,00 DM	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-UTEC 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 event. 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

Die geochemische Analytik für die umweltgeochemische Bestandsaufnahme und exemplarische Analyse des Gefährdungspotentials am Deponiestandort "Concordia-Halde" (AP 6.1, 6.2) wurden abgeschlossen. Die Aufbereitung der Daten in einer Datenbank läuft ebenso wie die kartenmäßige Darstellung der Ergebnisse.

Die geoelektrische Erkundung der Internstruktur der Concordia-Halde wurde abgeschlossen (AP 8.2).

Zur Durchführung von Monitoringversuchen an der Concordia-Halde sind 19 Bohrungen mit dem Bohrergerät der BGR niedergebracht und als Pegel ausgebaut worden. Der Monitoringversuch beginnt in Juli 2001 (AP 8.3).

4. Ergebnisse

Geoelektrischen Erkundung der Concordia-Halde: In den Widerstandstrukturen sind deutliche horizontale und vertikale Inhomogenitäten des Haldenkörpers erkennbar. Die vertikale Widerstandsverteilung unterhalb der wahrscheinlichen Auflagefläche korreliert mit den in Bohrungen gemessenen hohen Leitfähigkeiten des Grundwassers. Durch die Kombination von IP-Messungen und magnetischen Messungen waren Bereiche mit erhöhten Metallgehalten (Bauschutt ?) nachweisbar. Die an der Concordia-Halde eingesetzte geophysikalische Verfahrenskombination ist geeignet zur Erkundung weiterer Altlasten im Stadtgebiet Staßfurt.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten konzentrieren sich in der nächsten Zeit auf folgende Arbeitspakete:

- Erstellung von Belastungsgradkarten für ausgewählte Parameter (AP 6.1.4)
- Auswertung von Depositionsmessungen (AP 6.1, 6.2)
- Monitoring-Versuche (AP 8.3)
- Die Einarbeitung der Ergebnisse in den Endbericht wird vorbereitet (AP 10).

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Ein Bericht über die geoelektrische Erkundung der Internstruktur der Concordia-Halde sowie Zwischenberichte von den Verbundpartnern entsprechend dem Balkenplan liegen vor.

Zuwendungsempfänger: TU-Clausthal, Adolph-Römer-Straße 2 A, 38678 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 C 0740
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 2: Gebirgsmechanische Analyse des Bergschadensgebietes Staßfurt		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Altlasten in Bergschadensgebieten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 30.09.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 115.000,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Lux	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ursache für die Gefährdung der Tagesoberfläche im Bereich der Stadt Staßfurt sind die abgesoffenen ehemaligen Kaliwerke, da die dadurch bedingten Senkungs- und Bruchvorgänge die weiteren hydraulischen, geochemischen und ökotoxischen Prozesse bewirken. Vor diesem Hintergrund sollen folgende Aufgaben bearbeitet werden:

- 1) Erarbeitung eines geomechanischen Funktionsmodells, um das Tragverhalten des Gebirges grundsätzlich standortbezogen zu analysieren und entsprechend den vorliegenden Daten das Modell in seinen Parametern soweit möglich zu validieren.
- 2) Erste Prognose zukünftiger Senkungen unter verschiedenen (hypothetischen) Randbedingungen (Stabilisierungsmaßnahmen).

Bezug zu anderen Vorhaben:

TV1: Strukturgeologische Analyse des für die Gefahrenabwehr relevanten Gebietes

TV3: Hydrologische Analyse der oberflächennahen Strömungsvorgänge und geohydraulische Beurteilung der tiefen Grundwasserleiter

TV4: Ingenieurgeologisch – bergmännische Bergschadensbewertung

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- a) Erarbeitung eines geomechanischen Modells, um das Tragverhalten des Gebirges standortbezogen zu analysieren.
- b) Diskretisierung und Verifizierung eines FEM/FDM Berechnungsmodells zur rechnerischen Simulation des Tragverhaltens.
- c) Sensitivitätsanalyse mit Variation der das Tragverhalten bestimmenden Parameter.
- d) Erste Prognose zukünftiger Senkungen unter verschiedenen (hypothetischen) Randbedingungen (Stabilisierungsmaßnahmen).
- e) Erarbeitung von Empfehlungen für das weitere Vorgehen.

3. Durchgeführte Arbeiten

- * Erarbeitung eines geomechanischen Modells für die standortbezogene Analyse des Tragverhaltens.
- * Diskretisierung und Verifizierung eines 2D-FDM und eines 3D-FDM Berechnungsmodells zur rechnerischen Simulation des Tragverhaltens.
- * Sensitivitätsanalyse mit Parametervariation

4. Ergebnisse

Im Rahmen der Modellbildung und der Sensitivitätsanalyse konnten die Einflüsse der Betriebsgeschichte, der elastischen und viskosen Kennwerte, der möglichen Hohlraumerweiterung infolge Subrosion und der räumlichen Tragwirkung auf das Senkungsgeschehen analysiert werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

Abgleich der rechnerisch ermittelten Senkungsprofile mit markscheiderisch gemessenen Senkungsprofilen und darauf aufbauend Ableitung eines sogenannten Funktionsmodells, mit dem das bis zum heutigen Tage abgelaufene Senkungsgeschehen im Stadtgebiet rechnerisch abgebildet werden kann. Prognose des zukünftigen Senkungsgeschehens und Erarbeitung von Empfehlungen für das weitere Vorgehen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: K-UTEC, 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 30.09.2001		Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 369.242,00 DM		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)

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.)
- AP 4** Ingenieurgeologisch – bergmännische Bergschadensbewertung
- Vertiefte Auswertung des Deformationsgeschehens an der Tagesoberfläche
 - Bewertung der latenten Bruchgefahr
 - 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 Technikumsmaßstab
- Weiterentwicklung von Mörtelsystemen salinärer Baustoffe
- Konzeption eines Kontroll- und Überwachungssystems zur Überprüfung des Erfolges der Sanierungsmaßnahmen

3. Durchgeführte Arbeiten

- Bearbeitung und Interpretation fernerkundlicher Daten (Satelliten-, Luftbild- und Laser-scandaten der Bergschadensräume Westeregeln, Staßfurter Sattel , NO- und SW- Flanke)
- Erarbeitung des Kenntnisstandes zur Hydrogeologie und Geohydraulik des tiefen Grundwasserleiters an den Flanken des Staßfurter Sattels
- Vorbereitung eines Feldversuches zur Bestimmung von Strömungspotentialen an der NO-Flanke des Staßfurter Sattels
- Erarbeitung eines Berichtes zu Sicherungs- und Sanierungstechnologien
- Bereitstellung von Senkungsdaten für Modellierungsarbeiten der Technischen Universität Clausthal
- Bearbeitung von Bergschadensszenarien insbesondere zur Bewertung der latenten Bruchgefahr im Stadtgebiet Staßfurt

4. Ergebnisse

- Zusammenstellung und Interpretation der geohydraulischen Verhältnisse des tiefen Grundwasserleiters im Bergschadensgebiet Staßfurt

5. Geplante Weiterarbeiten

- Erörterung des im Bereich der latenten Bruchgefahr bestehenden Gefährdungspotentials
- Untersuchung von technologischen Lösungen zur In-situ-Bestimmung von Strömungspotentialen im tiefen Grundwasserleiter
- Darstellung und Bewertung des aktuellen Standes der Bergschadensentwicklung
- Untersuchung der Möglichkeiten zur Sanierung des Untergrundes im Bergschadensraum
- Untersuchung fernerkundlicher Verfahren hinsichtlich ihrer Tauglichkeit für ein Bergschadensmonitoring

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Brandenburgische TU Cottbus, Postfach, 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: Thermodyn. Modellierung, Abdichtsysteme von Altablagerungen, Gesamtbewert. Gefährdungspotential		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Altlasten in Bergschadensgebieten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 30.09.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 324.925,00 DM	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- 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

Der internationale Kenntnisstand zu Abdichtsystemen von Deponien und Halden unter besonderer Berücksichtigung der Senkungsgefährdung wurde anhand einer Literaturrecherche ausgewertet.

Auf der Basis vorhandener Unterlagen erfolgte zu Arbeitspaket 9.2.2 eine Inventur des Kenntnisstandes zu den Deponien und Halden im Stadtgebiet Staßfurt. Hierzu wurden die Informationen zu den erfassten Altablagerungen anhand der Angaben aus der Datenbank MDALIS (MITTELDEUTSCHES ALTLASTENINFORMATIONSSYSTEM) und des ehemaligen Altlastenkataster (Erfassung der Umweltbelastungsstandorte) sowie Informationen aus vorhandenen Gutachten verschiedener Fachfirmen zusammengestellt und ausgewertet. In Anlehnung an die Erstbewertungsmethodik aus MDALIS zur Gefährdungsabschätzung der Altablagerungen wurde eine Bewertungsmatrix zur Gefährdungsbeurteilung der Deponien und Halden erarbeitet, die an die spezifische Charakteristik des Untersuchungsstandortes angepasst wurde.

4. Ergebnisse

Anhand der Studie zu international verwendeten Barriersysteme für Basis- und Oberflächenabdichtungen wurde ein Katalog der Sanierungsmaßnahmen erstellt (AP 9.2.1).

Mit der Bewertungsmatrix zur Gefährdungsbeurteilung der Halden und Deponien im Stadtgebiet Staßfurt wurden von insgesamt 34 bewerteten Altablagerungen 20 Deponien mit einem hohen Gefährdungspotential und 14 Deponien mit einem mittleren Gefährdungspotential ausgewiesen. Diese tendenziell hohen Gefährdungspotentiale der Deponien und Halden im Stadtgebiet Staßfurt beruhen auf folgenden Gegebenheiten:

Da es sich um historisch gewachsene Deponien handelt, wurden zum einen die Abfälle ungeordnet verkippt und sind somit vorwiegend hohen Gefährdungsklassen zuzuordnen (25 Deponien) und zum anderen fehlen jegliche technische Basisabdichtungen.

Ein Emissionspotential von Schadstoffen ist durch die inhomogenen, künstlichen Auffüllungen mit generell hoher Durchlässigkeit gegeben, insbesondere wenn sie im Einflussbereich des Grundwassers liegen (14 Deponien) und nicht durch Oberflächenabdeckungen gesichert sind (15 Deponien).

8 Deponien liegen in unmittelbarer Nähe zum Vorfluter und/oder in Überschwemmungsgebieten, was die Gefahr eines Schadstoffaustrages aus diesen Ablagerungen in die Umgebung stark erhöht.

13 Deponien befinden sich in Senkungsgebieten. Durch die Senkungen können Instabilitäten im Deponiekörper auftreten, die zu Rissbildungen und damit zu neuen Wegsamkeiten für Sickerwässer führen können. Die Analysedaten aus den ausgewerteten Gutachten weisen vielfach Kontaminationen von Grundwasser und Boden auf.

5. Geplante Weiterarbeiten

Ausgehend vom vorhandenen Emissionspotential (entsprechend 9.2.2) sowie der prognostizierten Senkungsgefährdung wird der Handlungsbedarf für jeden Standort festgelegt.

Anhand der thermodynamischen Modellierung der Lösungsvorgänge im Salz- und Deckgebirge und der modellierten Szenarien, sowie der Analyse der räumlichen Verbreitung der Wässer mit negativem Sättigungsindex für bestimmte Mineralphasen, werden Gebiete mit potentiell erhöhtem Subrosions- und damit Senkungsgefährdungspotential ausgewiesen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: IHU Geologie und Analytik Gesellschaft f. 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 30.09.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 369.970,00 DM	Projektleiter: Dr. 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 Bearbeitungs-etappe 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
- Aktualisierung der Kenntnisstandsanalyse zur Geologie des Staßfurter Sattels
- Weiterführung der Untersuchungen zur dezentralen Wasserhaltung

4. Ergebnisse

- Fertigstellung der geologischen Kenntnisstandsanalyse
- Fertigstellung der Datenbanken Hydrometrie und Hydrochemie
- Fertigstellung des Zwischenberichts zur dezentralen Wasserhaltung

5. Geplante Weiterarbeiten

Fortsetzung der Arbeiten lt. Pkt. 2

Ergänzung der geologischen Recherchen um die Aktualisierung der quartärgeologischen Karte, Blatt Staßfurt

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Geophysik GGD - Gesellschaft für Geowissenschaftliche Dienstleistungen mbH, Bautzner Straße 67, 04332 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 C 0780
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 6: Geophysikalische Erkundung - Seismik		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Altlasten in Bergschadensgebieten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 30.09.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 104.469,00 DM	Projektleiter: Dr. Schuck	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Vor dem Hintergrund einer nachhaltigen sozio-ökologischen Entwicklung sollen im Rahmen dieses interdisziplinären Projektes, Maßnahmen zur nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt entwickelt werden. Im TV 6 werden auf exemplarisch ausgewählten Profilen hochauflösende reflexionsseismische Messungen zur Erkundung und Kontrolle des geologischen Strukturbaus und lithologischer Parameter als Grundlage für die Analyse hydrogeologischer und gebirgsmechanischer Prozesse durchgeführt. Über die Durchführung der Feldmessungen und ihrer Interpretation hinausgehend, ist für den weiteren Forschungs- und Handlungsbedarf ein Konzept zur flächenhaften seismischen Erkundung der strukturgeologischen Situation im Bereich der Stadt Staßfurt zu entwickeln.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1 Vorbereitung und Management der seismischen Feldmessungen
- AP 2 Durchführung der Feldmessungen
 - AP 2.1 Permitting
 - AP 2.2 Mobilisation, Demobilisation
 - AP 2.3 Einmessen der Profile
 - AP 2.4 Seismische Messungen
 - AP 2.5 Qualitätskontrolle
- AP 3 Datenbearbeitung
- AP 4 Interpretation, Bericht
- AP 5 Gemeinsame Interpretation und Modellentwicklung
- AP 6 Studie zum weiteren Forschungs- und Handlungsbedarf

3. Durchgeführte Arbeiten

- AP 1 Vorbereitung und Management der seismischen Feldmessungen
- Befahrung des Messgebietes und exakte Festlegung der Messprofile
 - Festlegung der Vorgehensweise und Abstimmung des Einsatzes mit anderen geophysikalischen Messverfahren
- AP 2 Durchführung der Feldmessungen
- Permitting: Abstimmung mit den lokalen Behörden, Einholen erforderlicher Betretensgenehmigungen
 - Mobilisation von Personal und Messausrüstung
 - Einmessen der seismischen Profile
 - Seismische Messungen: 2 reflexionsseismische Profile je 2 km Länge, 9 Nahlinien zur Ermittlung des oberflächennahen Geschwindigkeitsmodell und zur Verbesserung statischer Korrekturen
 - Demobilisation von Personal und Messausrüstung
 - Qualitätskontrolle der Messdaten
- AP 3 Datenbearbeitung: u. a. mit Geometrie Aufbau, Editing, statischen Korrekturen, Dekonvolution, Geschwindigkeitsanalyse, Reststatik, Stapelung, Zeit/Tiefenwandlung
- AP 4 Geologische Interpretation der seismischen Zeit- und Tiefenschnitte, Abstimmung des Interpretationsergebnis mit der Arbeitsgruppe IHU Stendal, Gesellschaft für Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH, Herrn Thormeier

4. Ergebnisse

- Beurteilung der Durchführbarkeit reflexionsseismischer Messungen im Stadtgebiet von Staßfurt zur strukturellen Erkundung von Buntsandstein und Zechstein
- 2 seismische Zeit- und Tiefenschnitte
- Strukturgeologische Interpretation der seismischen Zeit- und Tiefenschnitte
- Präzisierung bisheriger geologischer Modellvorstellungen

5. Geplante Weiterarbeiten

- Bericht über die Durchführung der Feldmessungen, die Datenbearbeitung und die geologische Interpretation
- Durchführung der weiteren Arbeitspakete im Untersuchungsprogramm

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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.100.829,00 DM	Projektleiter: Dr. 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 mit dem NWA
- 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

- AP1: Versuchsvorbereitungen für die Laborversuche sowie Tiefenprüfung über die Einsetzbarkeit von HFSS-Software-Modellen.
- AP2: Bestimmung der Materialeigenschaften verschiedener Bentonitmaterialien:
- mineralogische Eigenschaften mittels röntgendiffraktometrischer (RDA) und infrarotspektroskopischer (FTIR) Analysen,
 - Struktureigenschaften mittels Elektronenrastermikroskop,
 - dielektrische Eigenschaften mittels NWA (HP8720D + Materialsoftware HP85071C) und Messleitung 7/16/100mm.
- AP3: Simulation der Feldverteilung an verschiedenen Sensorstrukturen (Bandleitungen, offene Resonatoren) bei umgebenden inhomogenen dielektrischen Materialien mit hohen dielektrischen Verlusten mittels der Struktursimulations-Software HFSS.
- AP4: Erste Laborversuche mit dem konzipierten TDR-Messsystem an verschiedenen Materialien unterschiedlichster Eigenschaften (Feuchte, Dichte, Salzgehalt) zur Optimierung der Kabelsensoren sowie zum Test der Algorithmen für die Messwerverfassung und -verarbeitung wurden durchgeführt.
- AP6: Erarbeitung der Konzepte für die Versuchsdurchführung zur Detektion von Feuchtefronten mit dem TDR-Messsystem.

4. Ergebnisse

Die bisherigen Untersuchungsergebnisse der Laborversuche und die Konzeptionen zum TDR-Messsystem lassen erkennen, dass das Forschungsprojekt im geplanten Arbeitsumfang und Ablauf realisierbar ist.

5. Geplante Weiterarbeiten

Fortsetzung der Arbeiten gemäß Arbeitsprogramm (AP3, AP4, AP5 und AP6)

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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 296.399,00 DM	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 folgendes Arbeitsprogramm:

- AP 1: Konzeption von Messsystemen für Zeit- und Frequenzbereich, Versuchsplanung
- AP 2: Materialuntersuchungen von versch. 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

An dem Bentonit „MX 80“, in Pulverform, mit einer Restfeuchte von 9% wurden die folgende Messungen durchgeführt, ausgewertet und in Diagrammen dokumentiert:

- A. Komplexer Dielektrizitätskoeffizient DK gegenüber Änderungen in Feuchte (mit Leitungswasser versetzt) und Temperatur in dem Frequenzbereich 100 bis 1000 MHz.
- B. Wie unter Punkt A aber mit gesättigter Salzlösung, Lösungsdichte 1,189 g/cm³.
- C. Wie unter Punkt B aber mit einer Lösungsdichte von 1,06 g/cm³.

Ebenfalls wurde an dem Material „Calcigel“ in Pulverform mit einer Restfeuchte von 10% der komplexe Dielektrizitätskoeffizient gegenüber Änderungen der Feuchte in dem Bereich 100 bis 1000 MHz gemessen, (nur mit Leitungswasser versetzt).

Es wurde ein Trogversuch mit pulverförmigem Bentonit MX 80 mit dem Ziel der Verfolgung des Wassereintritts mit sehr geringem zusätzlichem Druck (Hydrostatischer Druck 0,04m) aufgebaut.

4. Ergebnisse

Die DK-Messungen von „vollständig“ (Restfeuchte <2%, bedingt durch Aufnahme aus der Luft) ausgetrocknetem MX80 und Calcigel zeigten in dem Frequenzbereich 100 bis 1000 MHz keine Änderung. Die elektrischen Güten, das Verhältnis des Realteils zu dem Imaginärteil des DK's, waren über 20. Die Feuchtemesstechniker können heute nur den Realteil des DK in den Mischungsregeln benützen, die den DK mit dem Wassergehalt verknüpfen. Diese Vereinfachung führt zu unakzeptablen großen Fehlern, wenn die Güte kleiner wird als ca. 1. Wenn die Güte unter 1 liegt, dann müsste man mit einer komplexen Mischungsregel arbeiten. So eine Mischungsregel haben die Feuchtemesstechniker noch nicht. Schon bei einer Befeuchtung von 25% erhöhte sich der Imaginärteil des DK in beiden Materialien in dem Frequenzbereich von 100 bis ca. 500 MHz so stark, dass die Güten unter 0,6 gerieten. Die Verschlechterung der Güte ist darauf zurückzuführen, dass das Wasser aus dem Bentonit viel mehr gelöste Ionen freisetzt als z.B. aus Sand. Die Dispersionen sind sehr stark. Es ist nicht zu erwarten, dass man in dem Frequenzbereich 100 bis 500 MHz einen Messerfolg erzielen könnte. Dieser Befund ist noch ausgeprägter mit Salzlösung.

Für Messungen in dem Frequenzbereich wird der Bereich 500 bis 1000 MHz geeignet sein.

Die Änderung des DK mit der Temperatur ist in dem Frequenzbereich 300 bis 1000 MHz klein und modellierbar. Bei einer Feuchtigkeit von 31% ändert sich z.B. der DK nahezu linear von 30 auf 40, wenn die Temperatur 40 Kelvin steigt.

Die Ergebnisse in Calcigel sind unwesentlich moderater als in MX 80. Das bedeutet, dass die Güte nur im Frequenzbereich 100 bis 300 MHz unter 1 liegt.

Der Trogversuch zeigt eine extrem kleine (nicht messbare) Wassereindringung. Ohne Druck war die Feuchtegrenze weniger als 1 cm vorangeschritten und blieb danach unverändert innerhalb von 10 Tagen (nur Diffusion!).

Mit Ausnahme der unter Punkt 5 beabsichtigten Arbeiten sind die Arbeitspakete 2.3, 2.4 und teilweise 4.4, soweit sie die vom FZK-IMK zu bearbeitenden Aufgaben betreffen, erledigt.

5. Geplante Weiterarbeiten

Für die Vorbereitung der weiteren Arbeiten müssen noch die Ergebnisse von MFPA Weimar berücksichtigt werden. Der Trogversuch soll mit Bentonit-Pellets und Grobgranulat wiederholt werden. Es wird erwartet, dass dann die Detektion der Feuchtefrontausbreitung im Zeitbereich nachweisbar wird.

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

keine

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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 753.554,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. 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 – 6:

- Festlegung der Versuchsorte erfolgte in Abstimmung mit dem Grubenpersonal der K+S GmbH - Werk „Werra“;
- Entwicklung, Fertigung und Test einer Versuchsausrüstung zur In-situ-Bestimmung des Gasgehaltes von Salzgesteinen,
- Entwicklung eines Berechnungsprogramms zur In-situ-Bestimmung von Permeabilität und Porosität bei Anwesenheit von CO₂ im Salzgestein,
- Versuche im Sylvinit mit Stickstoff als Prüfmedium in der aufgelockerten Zone eines Versuchsortes ohne Gasbelastung, der jünger als 2 Jahre ist.

4. Ergebnisse

- Es wurden zwei der vier Versuchsorte festgelegt, die den Anforderungen an die Versuchsorte laut Arbeitsprogramm entsprechen. Die Vorbereitung und die geologische Ansprache der Versuchsorte erfolgt durch die K+S GmbH.
- Die Versuchsausrüstung zur In-situ-Bestimmung des Gasgehaltes von Salzgesteinen erlaubt es, den Gasgehalt des Gesteins während des Bohrprozesses zu bestimmen.
- Das Berechnungsprogramm zur In-situ-Bestimmung von Permeabilität und Porosität bei Anwesenheit von CO₂ im Salzgestein wurde erfolgreich getestet.
- Es wurden erste Durchlässigkeitsversuche in einer Sylvinitlage in der aufgelockerten Zone einer Abbaukammer am Rande eines Abbaufeldes durchgeführt. Die Versuche zeigten, dass die mechanische Festigkeit des Sylvinites gegenüber Steinsalz viel geringer ist, so dass es bereits bei sehr geringen Prüfdrücken zum Aufreißen des Gebirges in der stoßnahen Zone kommt. Diese Versuche sind somit hinsichtlich der Durchlässigkeit nicht auswertbar.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Durchführung weiterer Durchlässigkeitsversuche am ersten Versuchsort, sowohl in der Sylvinitlage, als auch darüber und darunter.
- Fracuntersuchungen zur Bestimmung der minimalen Hauptnormalspannung um diesen Versuchsort, im Bereich der Versuchsbohrungen zur Durchlässigkeitsbestimmung.
- Durchführung der gleichen Untersuchungen wie am ersten Versuchsort an einem Versuchsort, jünger als zwei Jahre, mit gleichen geometrischen Bedingungen, aber mit einem hohen Gasgehalt.
- Entnahme von Kernen aus den Sylvinitlagen für die geomechanische Untersuchung.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 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: 01.11.2000 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.448.403,00 DM		Projektleiter: Dipl.-Geol. Kull	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Weiterentwicklung von selbstverheilenden 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 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 Bohrlöchern 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: Model

- 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

Mit den Arbeiten zur Herstellung von Probenkörpern zur Ermittlung der mechanischen Parameter wurde begonnen. Relevante Belastungsszenarien wurden skizziert. Die modellmäßige Beschreibung der geochemischen und mechanischen Wirkungsweise von SVV-Material wurde aufgenommen. Ein Versuch im Plexiglasrohr und drei Versuche in Stahlrohren wurden durchgeführt. Ein Versuchsort auf der 850-m-Sohle in dem Forschungsberg ASSE wurde für die Durchführung der In-situ-Versuche vorbereitet.

4. Ergebnisse

Die ersten Flutversuche im Plexiglas- und in den Stahlrohren mit wasserfreiem Magnesiumsulfat und NaCl-Lösung führten jeweils zur Ausbildung von stabilen Stopfenabschnitten. Eine vollständige Abdichtung wie in den Vorversuchen konnte bisher nicht erzielt werden. Die Auswertung der Versuche zeigte, dass die Bildung von Blödit entlang der Fließwege zu Verkrustungen führt, die eine gleichmäßige Durchfeuchtung des Versatzmaterials verhindern. Die Ausbildung von Blödit muss also möglichst unterbunden werden. Darauf konzentrieren sich die weiterführenden Arbeiten in Laborversuchen. Entsprechend den aufgestellten Belastungsszenarien für einen Zufluss über horizontale Strecken wurden auf der 850-m-Sohle drei horizontale 15 m lange Bohrlöcher mit einem Durchmesser von 50 cm im Übergangsbereich vom Na2ß zum Na2s fertiggestellt.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Herstellung von Prüfkörpern und Ermittlung mechanischen Parameter
- Durchführung von Anwendungsversuchen in Stahlrohren
- Vorbereitung der Instrumentierung und Einleitung der Versuche in den Großbohrlöchern
- Modellierung der mechanischen Auswirkungen eines angenommenen Kristallisationsdruckes auf das umgebende Gebirge

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Herbert, H.-J., Kull, H., Sander, W. (2001): Weiterentwicklung eines selbstverheilenden Salzversatzes als Komponente im Barriersystem Salinar. Beitrag im PtWT+E-Bericht: Untertägige Entsorgung - 5. Projektstatusgespräch zu FuE-Vorhaben auf dem Gebiet der Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen, Leipzig, 15./16. Mai 2001, FZKA-PTE Nr. 7.

2.4 W-Vorhaben

Zuwendungsempfänger: FZ-Jülich, Postfach 19 13, 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 31.12.2001	Berichtszeitraum: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.248.996,00 DM	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 verwobene Problemfelder:

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Einrichtung eines Arbeitskreises aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zur Diskussion und Weiterentwicklung der Nichtverbreitungspolitik. Erarbeitung von Studien zu den Problemfeldern:

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Im Berichtszeitraum fanden eine Sitzung der Projektgruppe (Arbeitskreis) Nichtverbreitung in den Räumen der DGAP, Berlin, unter Leitung von MdB Jörg van Essen statt. Themen waren:

1. Neue Entwicklungen in der amerikanischen Kernenergiepolitik (aus aktuellem Anlass)
2. Die Verhandlungen IAEA - USA - Russland über ein Abkommen zur Verifikation atomarer Abrüstung (Laura Rockwood, IAEA)

3. Stand der Gespräche über ein multilaterales Arrangement zur Entsorgung von Waffenplutonium in Russland (Volker Stanzel, VLR I AA).

4. Problem des russischen Nuklearsektors (Wolfgang Stoll).

Anwesend waren etwa 30 Expertinnen und Experten aus Politik, Administration, Wissenschaft und den Medien. Das Protokoll der Sitzungen wurde erarbeitet und verteilt.

Am 4.4.2001 fand unter Leitung von Prof. Erwin Häckel, DGAP, ein internationales Expertentreffen zur Frage der Entsorgung von überschüssigem Waffenmaterial in Russland statt. Anlass war die Berliner Tagung einer Arbeitsgruppe der G - 8 zu diesem Thema, deren Mitglieder zu dem Treffen in den Räumen der DGAP kamen.

Vorbereitung und Beteiligung an dem 23. ESARDA-Treffen "Symposium on Safeguards and Nuclear Material Management" in Brügge, 8.-10.5.01. Teilnahme Tagung "Non-Proliferation in East-Asia", Tokio, 4.-10.3.01 (eingeladener Vortrag).

4. Ergebnisse

Im Mittelpunkt standen die Bemühungen um die Eindämmung der Gefahren, die von den Kernwaffen und dem Nuklearsektor Russlands ausgehen. Im Vordergrund stand das Moskauer Abkommen der USA und Russlands, in dem vereinbart wurde, ab 2008 jeweils 34 Tonnen Waffenplutonium aus den militärischen Beständen freizugeben und unter internationaler Kontrolle zu entsorgen. Als Entsorgungspfade stehen die Mox-Option (Russland) bzw. die Mox-Option und Immobilisierung (USA) zur Verfügung. Der Zeitrahmen für diese Entsorgung beträgt 25 Jahre. Im Rahmen der G 8 sollen koordiniert finanzielle und technische Hilfen für Russland bereitgestellt werden. Es zeigte sich, dass es erhebliche Schwierigkeiten gibt, eine tragfähige Finanzierung für die Unterstützung Russlands bereitzustellen. Außerdem bestehen für Deutschland im Rahmen der Mox-Option erhebliche innen-, außen- und energiepolitische Zielkonflikte. Sie wurden im Rahmen der Diskussionen dargelegt und aus nationaler und internationaler Perspektive bewertet. Schwierig erweisen sich auch die trilateralen Verhandlungen (USA, Russland, IAEA) über ein Abkommen zur internationalen Kontrolle des abgerüsteten Spaltmaterials. Hauptprobleme sind neben der Finanzierung der Verifikationsmaßnahmen die Erarbeitung von Verifikationsmethoden, die eine Offenlegung geheimer Waffentechnologien vermeiden. Verschiedene Optionen wurden diskutiert und bewertet. Die Diskussionen zeigten auch ein spezifisches Problem des russischen Nuklearsektors, das Verifikation und technische Hilfeleistungen erschwert und künftig stärker analysiert werden muss: Die mangelhafte Trennung ziviler und militärischer Nuklearaktivitäten.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die nächste Sitzung des Arbeitskreises wird im 2. Halbjahr 2001 stattfinden. Am 8.-9.10.01 wird in Berlin in den Räumen der DGAP eine Tagung über die Auswirkungen technologischer Innovationen auf die Proliferationsproblematik und Safeguardskonzepte durchgeführt.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

G. Stein u.a.: Initial Experiences in Preparing the Implementation of the Additional Protocol in Germany
U. Kotte: Strengthened Safeguards - Aspects of Information Security (Vorträge ESARDA-Treffen Brügge, im Druck).

G. Stein: Perspectives on International Safeguards - What is on the Agenda? (Vortrag Tokio, im Druck).

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: 01.01.2001 bis 30.06.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 4.131.519,00 DM	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 geklüftetem und wasserführendem Gebirge (Granit) und der Verbesserung der für die Charakterisierung des Endlager-Wirtsgesteins und für die Durchführung von Endlager-Sicherheitsanalysen benötigten Instrumentarien. Zur Erreichung dieser Ziele werden In-situ-Untersuchungen, 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, 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 Zweiphasenfluss 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 Feuchtheitsausbreitung und zur Beurteilung der geomechanischen Gebirgseigenschaften in der Umgebung untertägiger Hohlräume (Vorhaben 02E 9208, 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 9208, 02E 9218, 02E 9370, 02E 9430)
4. Untersuchungen zu Migration, Transport und Rückhaltung von kolloidalen und gelösten Radionuklidspesies in den technischen und natürlichen Barrieren (Vorhaben 02E 9410, FZK/INE (überwiegend Grundfinanzierung des FZK))

3. Durchgeführte Arbeiten

1. Im FLG wurden in den internationalen Projekten GMT, EFP und FEBEX die baulichen Maßnahmen für den Großversuch (GMT) abgeschlossen, Salztracerversuche zur Vorbereitung des großräumigen Tracerversuchs (EFP) und die Untersuchungen in der Übergangsphase FEBEX I – FEBEX II durchgeführt. Im HRL Äspö erfolgt die Mitarbeit im EU-Projekt „Prototype repository“
2. Zur geoelektrischen Messung der Feuchtigkeitsausbreitung im Gestein wurden im HRL Äspö im Rahmen des EU-Projekts „Prototype repository“ die Messeinrichtungen installiert. Zur Überprüfung der in situ gemessenen Werte wurden im Labor Resistivitätsmessungen am Versatzmaterial durchgeführt. Im FLG wurden geoelektrische Messungen im Projekt EFP vorgenommen und die faseroptischen Sensoren im GMT-Versuch installiert.
3. Im Projekt EFP wurde ein Tracerversuch mit unterschiedlichen Rechenprogrammen numerisch simuliert. Die Modelle für die Berechnung der Gas-Wasser-Prozesse in geklüfteten Medien sowie der Aufsättigung der Bentonit-Barriere wurden weiterentwickelt.
4. Die Hochdruck-LIBD-Messzelle zur Detektierung von Kolloiden im Grundwasser wurde fertiggestellt und für den Einsatz im HRL Äspö kalibriert. An dem im Versuch mit der CHEMLAB-II-Sonde eingesetzten Bohrkern wurden Nachuntersuchungen in Hinsicht auf die Np-Verteilung in der Kluft vorgenommen. Zur Untersuchung der Radionuklid-Migration in alterierten Kluftbereichen wurde eine Analyse von Mikroklüften durchgeführt. Ein Vorhaben zur Untersuchung der Wechselwirkungsmechanismen von Aquifer-Bakterien mit Actiniden wurde begonnen.

4. Ergebnisse

Siehe Bericht zu den einzelnen Vorhaben in Kapitel 2.1.

5. Geplante Weiterarbeiten

1. Im GMT-Projekt werden die Messungen vor und während der Flutungsphase des Betonsilos vorgenommen. Im EFP-Projekt werden Multi-Tracerversuche in hohen Druckbereichen durchgeführt. Die Vorbereitungen für das Projekt FEBEX II werden fortgesetzt. Für das im HRL Äspö durchgeführte Zweiphasenfluss-Projekt wird der Schlussbericht fertiggestellt.
2. Im EFP-Projekt werden die Versuche zur Weiterentwicklung geoelektrischer Messverfahren ausgewertet. Im GMT-Versuch wird das faseroptische Mess-System komplettiert. Im Projekt „Prototype Repository“ wird die geoelektrische Messanlage mit den entsprechenden Messketten getestet. Die In-situ-Messungen werden begonnen.
3. Mit Hilfe numerischer Vorausberechnungen werden die im EFP-Projekt durchzuführenden großräumigen Versuche geplant. Zur Entwicklung von Methoden für die numerische Modellierung von Gas-Wasser-Prozessen in geklüftetem Gestein wird ein verbessertes Upscaling-Verfahren implementiert und getestet. Im Rahmen der Task Force „EBS“ wird die Entwicklung des konzeptuellen Modells für die Bentonit-Aufsättigung fortgesetzt und durch Laboruntersuchungen unterstützt.
4. Im HRL Äspö sind Feld-Experimente zur Bestimmung der Migration von Kolloiden und gelösten Radionuklidspezies mit der LIBD-Anlage und der CHEMLAB-II-Sonde vorgesehen. Im Vorhaben zur Untersuchung der Rückhaltung von Radionukliden in alterierten Kluftbereichen werden tomographische Arbeiten durchgeführt und die räumliche Verteilung der Kluftsysteme erfasst, visualisiert und quantifiziert. Versuche zur Bioakkumulation von Uran werden begonnen.

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

Battelle Ingenieurtechnik GmbH, Düsseldorfer Straße 9, 65760 Eschborn

- 02 E 9340 Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen  72

Brandenburgische TU Cottbus, Postfach, 03013 Cottbus

- 02 C 0760 Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit Bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 4: Thermodyn. Modellierung, Abdichtsysteme von Altablagerungen, Gesamtbewert. Gefährdungspotential  161

BGR, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, 30655 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  155

- 02 E 9098 Entwicklung und Erprobung von zerstörungsfreien seismischen In-situ-Methoden zur Beurteilung der geomechanischen und hydraulischen Gebirgseigenschaften in der Umgebung untertägiger Hohlräume in Endlagerformationen  17

- 02 E 9218 Deutsch-Schweizerische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung (Felslabor Grimsel Phase V). Teilprojekt I: Effektive Parameters (EFP); Teilprojekt II: Numerical Calculation of Two-Phase Flow  43

Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE), Eschenstraße 55, 31224 Peine

- 02 E 9249 Entwicklung und In-situ-Erprobung faseroptischer Überwachungssysteme unter dem Aspekt des Nachweises der Betriebssicherheit in einem Endlager  48

- 02 E 9289 Versuchsfeldaufwältigung und Rückgewinnung von Materialproben und Messeinrichtungen  54

Forschungszentrum Jülich GmbH, Leo-Brandt-Straße, 52425 Jülich

- 02 E 9108 Untersuchungen zur Radionuklidfreisetzung und zum Korrosionsverhalten von bestrahltem Kernbrennstoff aus Forschungsreaktoren unter Endlagerbedingungen  19

- 02 W 6228 Das "gestärkte Safeguardssystem" und die Nichtverbreitungs-Herausforderungen -Perspektiven und innovative Lösungsansätze-  178

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

- 02 C 0810 Entwicklung eines Messsystems zur Feuchtemessung in Bentonit- Abschlussbauwerken in salinärer Umgebung  170
- KWA 9901 Unterstützungsprogramm Granit  182

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  58
- 02 E 9471 Entwicklung einer mineralspezifischen Sorptions-Datenbank für Oberflächenkomplexierungsmodelle  98
- 02 E 9491 Wechselwirkung von Actiniden mit dominanten Bakterien des Äspö-Grundwasserleiters  102

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., Leonrodstraße 54, 80636 München
--

- 02 C 0537 Entwicklung und In-situ-Test akustischer Verfahren zur zerstörungsfreien Beurteilung von Auflockerungszonen im Salinar  110
- 02 C 0568 Komplexes Mess- und Auswertinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und Untertagedeponien im Salinar; Einbeziehung von Sonarverfahren  117

Geophysik GGD - Gesellschaft für Geowissenschaftliche Dienste mbH, Bautzner Straße 67, 04332 Leipzig

- 02 C 0780 Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit Bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 6: Geophysikalische Erkundung - Seismik  166

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Schwertnergasse 1, 50667 Köln

- 02 C 0608 Geochemische Barriereeffizienz im anaeroben Deponienahfeld einer UTD (Geochemische Barriere)  126
- 02 C 0618 Erstellung einer Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung geochemischer Informationen zum Verhalten von Abfallinhaltsstoffen im Deckgebirge einer UTD/UTV (Sorptionsdatenbank Chemieabfälle)  128
- 02 C 0628 Modellrechnungen zur großräumigen dichteabhängigen Grundwasserbewegung  130
- 02 C 0659 Langzeitstabilität von Tondichtungen in Salzformationen  137
- 02 C 0669 Hydraulische Kennwerte von tonhaltigen Mineralgemischen zum Verschluss von Untertagedeponien  140
- 02 C 0679 Erstellung und Nutzung einer Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung methodenabhängiger Informationen zum Mobilisationsverhalten und zum Schadstoffpotential von organisch und anorganisch belasteten Feststoffen  142
- 02 C 0689 Gasfreisetzung aus chemisch-toxischen Abfällen in Untertagedeponien  144

- 02 C 0710 Geochemisches Modell für Zn, Cd und Pb in salinaren Lösungen aus Abfalldeponien und Alt- und Umweltlasten  151
- 02 C 0830 Weiterentwicklung eines selbstverheilenden Salzversatzes als Komponente im Barriersystem Salinar  174
- 02 E 9118 Untersuchungen zur hydraulisch wirksamen Auflockerungszone um Endlagerbereiche im Salinar in Abhängigkeit vom Hohlraumabstand und Spannungszustand  22
- 02 E 9128 Tertiäre Sedimente als Barriere für die U/Th-Migration im Fernfeld von Endlagern  24
- 02 E 9138 Entwicklung eines Modells zur Beschreibung des geochemischen Milieus in hochsalinaren Lösungen  26
- 02 E 9148 Entwicklung eines Programms zur dreidimensionalen Modellierung des Schadstofftransportes  28
- 02 E 9168 Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Gebirgsspannungsumlagerungen (BARIAN)  32
- 02 E 9178 Aktualisierung sicherheitsanalytischer Rechenprogramme für Teilsysteme eines Endlagers (ARTE)  34
- 02 E 9188 Untersuchungen zur Gas- und Wasserfreisetzung und der Wasserverteilung im Erhitzerversuch im OPALINUS-Ton des Mont Terri-Tunnels  36
- 02 E 9198 Untersuchungen zur Gasausbreitung in den technischen Barrieren Beton und Bentonit sowie im Granit im Felslabors Grimsel (Phase V)  39
- 02 E 9208 Felslabor Grimsel (Phase V): Effektive Parameter (EFP) –Begleitende geoelektrische Untersuchungen-  41
- 02 E 9239 Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern  45
- 02 E 9269 Abschließende Auswertung des Projektes „Thermische Simulation der Streckenlagerung / Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar“  52
- 02 E 9279 Geoelektrische Untersuchung der Aufsättigung von Bentonitbarrieren im HRL-Äspö-Projekt „Prototype Repository“  54
- 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  82
- 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  84
- 02 E 9420 Laboruntersuchungen der gekoppelten hydraulisch-mechanischen Eigenschaften von Kernproben des Allovo-Oxfordian Tonsteins am Standort Meuse/Haute Marne im Projekt MODEX-REP  88
- 02 E 9430 Modellierung des Aufsättigungsverhaltens von Bentonit im Endlager im Kristallin, Mitarbeit in der Task Force "EBS" des HRL Äspö  90

- 02 E 9440 Entwicklung einer Methode zur verbesserten Rückhaltung von Iod und Selen im Nahbereich eines Endlagers  92
- 02 E 9450 Quantenmechanische Modellierung der aquatischen und Sorptions-Chemie von Aktinoiden  94
- 02 E 9461 Untersuchung der chemischen und hydrochemischen Wechselwirkungen von Ton/Zement-Systemen; ECOCLAY - Phase II  96

**Gruppe Ökologie, Institut für ökologische Forschung und Bildung e.V.;
Kleine Düwelstraße 21, 30171 Hannover**

- 02 E 9350 Vergleichende Bewertung von Entsorgungsoptionen für radioaktive Abfälle  74

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

- 02 C 0639 Prognose der dynamischen Langzeitstabilität von Grubengebäuden im Salinar  132
- 02 C 0649 Untersuchungen zur Langzeitsicherheit von UTD in Salzformationen der flachen Lagerung im Zusammenhang mit dem Verformungs- und Bruchverhalten -Phase III-  135
- 02 E 9158 Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Spannungsumlagerungen (BARIAN)  30
- 02 E 9259 Untersuchung des Spannungszustandes und des gebirgsmechanischen Verhaltens von Versatz und Wirtsgestein in Abhängigkeit von der Temperatur  50

IHU Geologie und Analytik Gesellschaft f. 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 hydrogeol. Analyse im Bergschadensgebiet Staßfurt - Entwicklung hydraulischer Sicherungs- und Sanierungskonzepte  164

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

- 02 C 0709 Geochemische Untersuchungen zur Retention von geogenen/anthropogenen Kohlenstoffverbindungen für toxische Schwermetalle  148
- 02 E 9329 Komplexierung und Migration von Al, Ga, In, Sc, Y, La und Schwermetallen mit Huminsäure  66
- 02 E 9380 Migrations- und Sorptionsuntersuchungen geogener Lösungen in Wirtsgesteinsformationen (Tone, Tongestein, Salzgestein) mittels tomographischer Radiotracerverfahren (PET)  80

Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Fritz-Strassmann-Weg 2, 55128 Mainz

- 02 E 9309 Untersuchungen über das Komplexierungsverhalten von Huminsäuren und deren Einfluss auf die Migration von radioaktiven und nichtradioaktiven Stoffen  61

Kali und Salz Beteiligungs AG Kassel, Friedrich-Ebert-Str. 160, 34119 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 0699 Untersuchungen zur Entwicklung, Anwendung und Eignung von mineralischen Gelen und Bindemittelsystemen auf Sorelbasis zur Einbettung und Sorption schadstoffhaltiger Abfallstoffe und zur Verbesserung der Barriere Wirkung von Versatz  146
- 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  159
- 02 E 9057 Wirksamkeit der Abdichtung von Versatzmaterialien –Technikums- und In-situ-Versuche am Dreistoffsystem polymineralisches Salzgestein-Versatzstoff-Fluid-  14

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  168

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung –Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben-, Stilleweg 2, 30655 Hannover

- 02 C 0578 Komplexes Mess- und Auswerteeinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und UTD im Salinar -Einbeziehung elektromagnetischer Verfahren-  119

TU Bergakademie Freiberg, Akademiestr. 6, 09596 Freiberg

- 02 C 0527 In-situ-Ermittlung von Strömungskennwerten natürlicher Salzgesteine in Auflockerungszonen gegenüber Gas und Salzlösungen unter den gegebenen Spannungsbedingungen im Gebirge  108
- 02 C 0547 Entwicklung eines Grundkonzepts für langzeitstabile Streckenverschlussbauwerke im Salinar -Bau und Test eines Versuchsverschlussbauwerkes unter realen Bedingungen-  112
- 02 C 0820 Zeitliche Veränderungen der Ausdehnung und der hydraulischen Eigenschaften von Auflockerungszonen um Hohlräume in Gesteinen mit viskoplastischen Eigenschaften  172
- 02 E 9319 Erweiterung der Datenbasis zur thermodynamischen Modellierung der Reaktionen CaSO₄-haltiger Minerale und des Glaserits bei Temperaturen bis 200°C  63
- 02 E 9330 Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen  69

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

- 02 C 0588 Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des grubenraumnahen Gebirges in Verbindung mit der Planung von Damm- und Verschlussbauwerken im Salinar. -Teil A: Mechanische Modellbildung und mechanisch-hydraulische Tragwerksanalyse-  121
- 02 C 0598 Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des grubenraumnahen Gebirges in Verbindung mit der Planung von Damm- und Verschlussbauwerken im Salinar. -Teil B: Hydraulische Modellbildung-  123
- 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  153
- 02 C 0740 Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit Bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 2: Gebirgsmechanische Analyse des Bergschadensgebietes Staßfurt  157
- 02 E 9410 Transport und Rückhaltung von Schadstoffen in alterierten Kluftbereichen des HRL Äspö  86

Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80290 München
--

- 02 E 9360 Einfluss von Kolloiden auf die Migration von Actiniden  76

Universität Hannover, Welfengarten 1, 30060 Hannover

- 02 E 9481 Einsatz von Organo-Tonen als Adsorber für problematische Anionen in geotechnischen Barrieren  100

Universität Leipzig, Talstraße 35, 04103 Leipzig

- 02 C 0558 Komplexes Mess- und Auswertinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und UTD im Salinar -Geologie, Einbeziehung von Geoelektrik und Seismik-  114

Universität Stuttgart, Keplerstraße 7, 70550 Stuttgart

- 02 E 9370 Weiterentwicklung von Simulationstechniken für Gas-Wasser-Prozesse in geklüftet-porösen Medien auf der Feldskala  78