

Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft

PTE Nr. 33

Bericht über die im ersten Halbjahr 2007
vom BMBF und BMWi geförderten FuE-Arbeiten zur
„Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formatio-
nen“

Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe
Wassertechnologie und Entsorgung
(PTKA-WTE)

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
September 2007

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 die FuE-Arbeiten, die im Förderkonzept „Forschungsförderung zur Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen“ und dessen Fortschreibungen aufgeführt sind. Unter Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen wird hierbei die Endlagerung radioaktiver und die untertägige Entsorgung chemotoxischer Abfälle verstanden.

Im Rahmen dieses Auftrages betreut der Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe fachlich und administrativ die vom BMBF und BMWi im Rahmen des Förderkonzepts geförderten 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 724
Sicherheitsforschung für Bergbauregionen - Prozessanalyse und Prognosewerkzeuge für Bergschadensgebiete	BMBF Referat 724
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 Themenbereich zugeordnet.

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

- E ⇒ „Endlagerung radioaktiver Abfälle“,
- C ⇒ „Untertägige Entsorgung chemotoxischer Abfälle“ und
„Sicherheitsforschung für Bergbauregionen - Prozessanalyse und
Prognosewerkzeuge für Bergschadensgebiete“,
- W ⇒ „Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung“

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

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

Inhaltsverzeichnis

1	Verzeichnis der Fördervorhaben gemäß FuE-Themenbereichen	1
1.1	<i>Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheits Gesichtspunkten</i>	<i>1</i>
1.2	<i>Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien</i>	<i>5</i>
1.3	<i>Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung</i>	<i>11</i>
1.4	<i>Sicherheitsforschung für Bergbauregionen - Prozessanalyse und Prognosewerkzeuge für Bergschadensgebiete</i>	<i>13</i>
2	Formalisierte Zwischenberichte	15
2.1	E-VORHABEN	15
2.2	C-VORHABEN	143
2.3	W-VORHABEN	251
2.4	BMW-HAUSVORHABEN	255
3	Verzeichnis der ausführenden Forschungsstellen.....	259

1 Verzeichnis der Fördervorhaben gemäß FuE-Themenbereichen

1.1 Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten

02 C 0973	Entwicklung einfacher Strategien zur Reduzierung der Mobilisierbarkeit von Schwermetallen aus untertägig abgelagerten Abfällen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 148
02 C 0983	Komplettierung der Datenbasis zur Modellierung der Schwermetallmobilisierung in salinaren Systemen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 150
02 C 0993	Geochemische Modellierung des Langzeitverhaltens von silikatischen und alumosilikatischen Materialien im Temperaturbereich 30 °C bis 90 °C	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 152
02 C 1064	Weiterentwicklung eines TDR-Messverfahrens zur Quantifizierung von Feuchte- und Dichteverteilungen in Bentonitversuchsbauwerken	Materialforschungs- und prüfanstalt an der Bauhaus-Universität, Weimar	📖 154
02 C 1074	Verbundvorhaben: „Entwicklung eines richtungssensitiven Georadar-Bohrlochmessverfahrens“, Teilvorhaben: Weiterentwicklung der räumlichen Auswertung von richtungssensitiven EMR-Bohrlochmessdaten	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover	📖 156
02 C 1084	Verbundvorhaben: „Entwicklung eines richtungssensitiven Georadar-Bohrlochmessverfahrens“, Teilvorhaben: Entwicklung eines aktiven richtungssensitiven Bohrlochantennensystems	Bergische Universität Wuppertal	📖 158
02 C 1094	Verbundvorhaben: „Entwicklung eines richtungssensitiven Georadar-Bohrlochmessverfahrens“, Teilvorhaben: Entwicklung und Bau der Steuer- und Digitalisierungseinheit, der mechanischen Komponenten und der Datenerfassungseinheit	DMT GmbH, Essen	📖 160
02 C 1104	Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Abschlussbauwerken: Thermo-Hydro-Mechanisch-Chemisch gekoppelte Systeme	Bauhaus-Universität Weimar	📖 162
02 C 1114	Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Abschlussbauwerken: Thermo-Hydro-Mechanisch-Chemisch gekoppelte Systeme	Eberhard-Karls-Universität Tübingen	📖 164

02 C 1124	Diversitäre und redundante Dichtelemente für langzeitstabile Verschlussbauwerke	TU Bergakademie Freiberg	📖 166
02 C 1134	Untersuchungen an Calciumsulfat-Steinsalz-Baustoffen für Dammbauwerke in Untertage-Deponien und Endlagern	TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	📖 168
02 C 1184	Entwicklung eines Messsystems zur hochauflösenden zerstörungsfreien Erkundung von Gesteinsnahbereichen mittels Sonar	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., München	📖 178
02 C 1194	Entwicklung eines Messsystems zur hochauflösenden zerstörungsfreien Erkundung von Gesteinsnahbereichen mittels Höchstfrequenz-Radar	TU Ilmenau	📖 180
02 C 1204	Entwicklung eines Grundkonzeptes für langzeitstabile Streckendämme im leicht löslichen Salzgestein (Carnallit); Teil 2: Erprobung von Funktionselementen in situ	GTS Grube Teutschenthal Sicherungs GmbH & Co. KG	📖 182
02 C 1214	Verbundprojekt: Weiterentwicklung von Magnesia-bindern von der Strömungsbarriere hin zu einem Verschlusselement im Salinar – Hauptprojekt	Kali-Umwelttechnik GmbH, Sondershausen	📖 184
02 C 1224	Verbundprojekt: Weiterentwicklung von Magnesia-bindern von der Strömungsbarriere hin zu einem Verschlusselement im Salinar. Teilprojekt Bauhaus Uni: Experimentelle Untersuchungen zur Struktur, dem Anbindeverhalten, der Kompressibilität und den volumetrischen Eigenschaften	Bauhaus-Universität Weimar	📖 186
02 C 1234	Verbundprojekt: Weiterentwicklung von Magnesia-bindern von der Strömungsbarriere hin zu einem Verschlusselement im Salinar. Teilprojekt IfG: Untersuchungen der mechanischen Anforderungen und Eigenschaften	IfG Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig	📖 188
02 C 1305	Verbundprojekt: Universelles integriertes geophysikalisches Mess- und Auswertinstrumentarium zur Charakterisierung von Problemzonen im Salinar. Teilprojekt Uni Leipzig: Geologie, Geoelektrik, Seismik und Szenarienmodellierung	Universität Leipzig	📖 202
02 C 1315	Verbundprojekt: Universelles integriertes geophysikalisches Mess- und Auswertinstrumentarium zur Charakterisierung von Problemzonen im Salinar. Teilprojekt GGA: Elektromagnetik, Georadar und Quantitative Charakterisierung von Problemzonen	Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA), Hannover	📖 204
02 C 1325	Verbundprojekt: Universelles integriertes geophysikalisches Mess- und Auswertinstrumentarium zur Charakterisierung von Problemzonen im Salinar. Teilprojekt FhG: Sonarverfahren	Fraunhofer Gesellschaft z. Förderung d. angewandten Forschung e.V. (FhG), München	📖 206

02 C 1335	Qualifizierung von Strömungsbarrieren in Salzformationen, Phase 1 bis Phase 4	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 208
02 C 1395	Verbundprojekt: Optimierung von Magnesiabindersystemen für die Verwendung in Verschlussbauwerken für untertägige Deponien und Endlager für radioaktive Abfälle im Salinar – Teilprojekt 1	Kali-Umwelttechnik GmbH vorm. Kaliforschungsinstitut, Sondershausen	📖 214
02 C 1405	Verbundprojekt: Optimierung von Magnesiabindersystemen für die Verwendung in Verschlussbauwerken für untertägige Deponien und Endlager für radioaktive Abfälle im Salinar – Teilprojekt 2	TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	📖 216
02 C 1415	Verbundprojekt: Optimierung von Magnesiabindersystemen für die Verwendung in Verschlussbauwerken für untertägige Deponien und Endlager für radioaktive Abfälle im Salinar – Teilprojekt 3	TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	📖 218
02 C 1426	Verbundvorhaben THEREDA: Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis - Teilvorhaben GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 220
02 C 1436	Verbundvorhaben THEREDA: Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis - Teilvorhaben FZD	Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V., Dresden	📖 222
02 C 1446	Verbundvorhaben THEREDA: Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis - Teilvorhaben TU BAF	TU Bergakademie Freiberg	📖 224
02 C 1456	Bestimmung der Änderung des räumlichen und zeitlichen Ausbreitungsverhaltens von chemotoxischen Schwermetallen nach Wechselwirkung mit Natural Organic Matter (NOM) in geologischen Formationen von Untertagedeponien	IIF e.V., Leipzig	📖 226
02 C 1566	Grundlagenuntersuchungen zur Unterdrückung der Auflockerungszone in Strecken des Salinar	TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	📖 248
02 E 9854	Optimierung der Direkten Endlagerung durch Kokillenlagerung in Bohrlöchern, Machbarkeitsstudie und Entwurfs- und Konzeptplanung (DENKMAL, Phase 1)	DBE TECHNOLOGY GmbH, Peine	📖 32
02 E 9965	Untersuchungen zur Wirksamkeit des geologischen und geotechnischen Barriersystems im Hinblick auf die Standortauswahl in magmatischen Gesteinen - WIBASTA	DBE TECHNOLOGY GmbH, Peine	📖 52
02 E 9975	Untersuchungen zur Wirksamkeit des geologischen und geotechnischen Barriersystems im Hinblick auf die Standortauswahl in magmatischen Gesteinen - WIBASTA	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 54

02 E 9985	Mobilisierung von Actiniden durch mikrobiell produzierte Liganden unter Berücksichtigung der Endlagerung von radioaktivem Abfall	Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V., Dresden	📖 56
02 E 10025	Stabilität von Organotonen als Anionen-Adsorber unter Endlagerbedingungen – Experiment und Modellierung	Gottfried Wilhelm Leibnitz Universität Hannover	📖 62
02 E 10035	Wechselwirkungen von Actiniden mit Anorgano-Huminkolloiden	TU München	📖 64
02 E 10045	Beteiligung am Forschungsprogramm der ANDRA im Untertagelabor Bure	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 66
02 E 10075	Thermodynamische Daten für Eisen(II) in hochsalinaren Lösungen bei Temperaturen bis 90 °C – Kurztitel: FeT90	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 72
02 E 10086	Untersuchungen zur Auswirkung einer Temperaturerhöhung in Tonformationen in Deutschland im Hinblick auf die bautechnische Machbarkeit eines Endlagers und irreversible Veränderungen der potenziellen Wirtsfornation -TemTon-	DBE TECHNOLOGY GmbH, Peine	📖 74
02 E 10286	Referenzkonzept für ein Endlager für radioaktive Abfälle in Tongestein (ERATO)	DBE TECHNOLOGY GmbH, Peine	📖 114
KWA 2003	Unterstützungsprogramm Alternative Wirtsgesteine	Forschungszentrum Karlsruhe GmbH	📖 256

1.2 Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien

02 C 0922	Verschlussystem mit Äquipotenzialsegmenten für die untertägige Entsorgung (UTD und ELA) gefährlicher Abfälle zur Sicherstellung der homogenen Befeuchtung der Dichtelemente und zur Verbesserung der Langzeitstabilität	Universität Karlsruhe (TH)	📖 144
02 C 0952	Modellentwicklung zur Gaspermeation aus unterirdischen Hohlräumen im Salzgebirge	TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	📖 146
02 C 1144	Verbundprojekt: Integriertes Sorptions-Datenbanksystem für Wechselwirkungen chemisch-toxischer und radioaktiver Kontaminanten mit mineralischen Systemen in geologischen Formationen (ISDA-FZD)	Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V., Dresden	📖 170
02 C 1154	Verbundprojekt: Integriertes Sorptions-Datenbanksystem für Wechselwirkungen chemisch-toxischer und radioaktiver Kontaminanten mit mineralischen Systemen in geologischen Formationen (ISDA-DMT)	DMT GmbH, Essen	📖 172
02 C 1164	Verbundprojekt: Integriertes Sorptions-Datenbanksystem für Wechselwirkungen chemisch-toxischer und radioaktiver Kontaminanten mit mineralischen Systemen in geologischen Formationen (ISDA-GRS)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 174
02 C 1174	Verbundprojekt: Integriertes Sorptions-Datenbanksystem für Wechselwirkungen chemisch-toxischer und radioaktiver Kontaminanten mit mineralischen Systemen in geologischen Formationen (ISDA-EnviCon)	EnviCon Dr. Veerhoff & Scherschel GdR, Alfter	📖 176
02 C 1244	Prognose der Redoxeigenschaften natürlicher wässriger Lösungen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 190
02 C 1254	Geochemische Barriereeffizienz im anaeroben Depositionsfeld einer UTD	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 192
02 C 1264	Beweissicherungsprogramm zum geomechanischen Verhalten von Salinarbarrieren nach starker dynamischer Beanspruchung und Entwicklung einer Dimensionierungsrichtlinie zum dauerhaften Einschluss	IfG Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig	📖 194
02 C 1275	Verbundprojekt: Kopplung Numerischer Modelle für C:HM – Transportprozesse. Teilprojekt TUC: Gekoppelte Modellierung des C:HM Verhaltens von selbstverheilendem Salzversatz	TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	📖 196
02 C 1285	Verbundprojekt: Kopplung Numerischer Modelle für	Gesellschaft für An-	📖 198

	C:HM – Transportprozesse. Teilprojekt GRS: Laborversuche und Geochemische Modellierung	lagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	
02 C 1295	Verbundprojekt: Kopplung Numerischer Modelle für C:HM – Transportprozesse. Teilprojekt Uni Tübingen: Validierung Numerischer Modelle für geochemische Prozesse in geotechnischen Dichteelementen	Eberhard-Karls-Universität Tübingen	📖 200
02 C 1345	Methodenentwicklung für die ökologische Bewertung der Entsorgung gefährlicher Abfälle unter und über Tage und Anwendung auf ausgewählte Abfälle	Öko-Institut e.V. – Institut für angewandte Ökologie, Freiburg	📖 210
02 C 1355	Weiterentwicklung der EDV-Software INFIL zur Simulation des druckbetriebenen Infiltrationsprozesses von Fluiden in ein nicht permeables Barrierengebirge (Salinar)	TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	📖 212
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	📖 16
02 E 9743	Messtechnische und modelltheoretische Untersuchungen zum THM-Verhalten einer Bentonit-Barriere im Bereich des Phasenübergangs der Porenflüssigkeit unter Einsatz faseroptischer Technologie im Rahmen von Versuchen im URL Äspö	DBE TECHNOLOGY GmbH, Peine	📖 18
02 E 9783	Handbuch der Endlagerung – Umgang mit wärmeentwickelnden und langlebigen schwach- und mittelaktiven Abfällen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 20
02 E 9793	Handbuch der Endlagerung – Umgang mit wärmeentwickelnden und langlebigen schwach- und mittelaktiven Abfällen	Öko-Institut e.V., Institut für angewandte Ökologie, Freiburg	📖 22
02 E 9813	Entwicklung eines Instrumentariums zur Berechnung des Radionuklidtransports in Tonformationen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 24
02 E 9824	Advektiver und diffusiver Gastransport im Salzgestein im Forschungsbergwerk Asse (Addigas)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 26
02 E 9834	Laborprogramm zur Untersuchung der Entwicklung und Verheilung von Auflockerungszonen in Tonsteinformationen – LUVEAT	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 28
02 E 9844	NF-PRO5, Process Couplings and Integration in Performance Assessment	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 30

02 E 9874	Untersuchung der komplexen mechanischen und hydraulischen Eigenschaften von Tongesteinen unter besonderer Berücksichtigung der Foliation	IfG Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig	📖 34
02 E 9884	Langzeitwechselwirkungen von Tonen und Zementen in Ton- und Salzformationen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 36
02 E 9894	Selbstdichtende Barrieren aus Ton/Mineral-Gemischen in einem Tonendlager – SB-Experiment im Mt. Terri Untertagelabor – Hauptprojekt	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 38
02 E 9904	Untersuchung des mechanischen Verhaltens von kompaktiertem Salzgrus im Kontakt mit dem Wirtsgestein	IfG Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig	📖 40
02 E 9914	Geoelektrische Untersuchung der Entsättigung des Opalinuston im Ventilationsversuch im Mt. Terri Untertagelabor Phase 2, Kurzzeitentwicklung der EDZ	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 42
02 E 9924	Verbundprojekt: Migration von Actiniden im System Ton, Huminstoff, Aquifer - Spektroskopische Bestimmung von thermodynamischen und kinetischen Kenngrößen zur Beschreibung der Humin-Metall-Komplexierung	Universität Potsdam	📖 44
02 E 9934	Modellierung des großräumigen Schadstofftransports (Kurztitel: MOST)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 46
02 E 9944	Geoelektrische Untersuchung der Aufsättigung von Bentonitbarrieren im HRL-Äspö-Projekt „Prototype Repository“ – Phase 2	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 48
02 E 9954	Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlager	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 50
02 E 9984	Mobilisierung von Actiniden durch mikrobiell produzierte Liganden unter Berücksichtigung der Endlagerung von radioaktivem Abfall	Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V., Dresden	📖 56
02 E 9995	Grundlegende Prozesse zum Radionuklidtransport im Fernfeld eines Endlagers im Salz – FUNMIG-RTDC-5	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 58
02 E 10015	Untersuchungen zum Gastransport in der Auflockerungszone in einem geologischen Endlager in Tongestein	Technische Universität Darmstadt	📖 60
02 E 10055	Überprüfung und Bewertung des bereits verfügbaren Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HLW – Kurztitel: ISIBEL	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 68
02 E 10065	Überprüfung und Bewertung des bereits verfügbaren Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HLW – Kurztitel: ISIBEL	DBE TECHNOLOGY GmbH, Peine	📖 70

02 E 10096	Verbundprojekt: Kolloidgetragener Radionuklidtransport in geklüfteten Gesteinen, Kurztitel: Kollorado	Forschungszentrum Karlsruhe GmbH	📖 76
02 E 10106	Verbundprojekt: Kolloidgetragener Radionuklidtransport in geklüfteten Gesteinen, Kurztitel: Kollorado	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 78
02 E 10116	Barriereintegrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in Tonformationen (BET)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 80
02 E 10126	Verbundvorhaben THEREDA: Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis - Teilvorhaben FZ Karlsruhe	Forschungszentrum Karlsruhe GmbH	📖 82
02 E 10136	Verbundvorhaben THEREDA: Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis - Teilvorhaben FZD	Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V., Dresden	📖 84
02 E 10146	Verbundvorhaben THEREDA: Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis - Teilvorhaben GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 86
02 E 10156	Verbundprojekt Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Charakterisierung und Quantifizierung des Einflusses von Tonorganika auf die Wechselwirkung von U und Am im Ton	Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V., Dresden	📖 88
02 E 10166	Verbundprojekt Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Wechselwirkung von Neptunium und Plutonium mit natürlichem Tongestein	Johannes Gutenberg-Universität Mainz	📖 90
02 E 10176	Verbundprojekt Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Beiträge zur Modellierung des Actinidentransports in potenziellen Wirtsgesteinsformationen; Teilthema 1: Mobilitätsbestimmende Elementarprozess; Teilthema 2: Einfluss heterogener Strukturen auf den Lösungs-Kolloidtransport	IIF e.V., Leipzig	📖 92
02 E 10186	Verbundprojekt Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Quantenmechanische Modellierung von Aktinoidenkomplexen: Komplexierung durch Huminstoffe und Sorption an Tonmineralien	Technische Universität München	📖 94
02 E 10196	Verbundprojekt Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Untersuchungen zur Migration von Lanthaniden und Uran in natürlichen Tonformationen im Übergang von verdünnten Mineral-Suspensionen zu kompakten Tonen	Universität des Saarlandes, Saarbrücken	📖 96
02 E 10206	Verbundprojekt Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Einfluss von tonorganischen Substanzen auf die Rückhaltung von Actiniden in der Tonbarriere	Forschungszentrum Karlsruhe GmbH	📖 98

02 E 10216	Verbundprojekt Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Spektroskopische Untersuchungen zum erweiterten Prozessverständnis in binären und ternären Huminstoff-Tongestein - Lanthanoid-Systemen: Thermodynamische und kinetische Kenngrößen	Universität Potsdam	📖 100
02 E 10226	Gasmigration im Opalinus Ton in Abhängigkeit vom Gasinjektionsdruck (unterhalb des Fracdruckles) Kurztitel: HG-C	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 102
02 E 10236	Verbundprojekt: Überprüfung und Kalibrierung eines THM-Modells zur Beschreibung des Langzeitverhaltens der Auflockerungszone im Steinsalz (MOLDAU)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 104
02 E 10246	Verbundprojekt: Überprüfung und Kalibrierung eines THM-Modells zur Beschreibung des Langzeitverhaltens der Auflockerungszone im Steinsalz (MOLDAU)	DBE TECHNOLOGY GmbH, Peine	📖 106
02 E 10256	Verbundprojekt: Überprüfung und Kalibrierung eines THM-Modells zur Beschreibung des Langzeitverhaltens der Auflockerungszone im Steinsalz (MOLDAU)	IfG Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig	📖 108
02 E 10266	Numerische Modellierung der Dilatanz-induzierten, perkolativen Permeation in Salzgestein	Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) GmbH, Garching	📖 110
02 E 10276	Weiterentwicklung sicherheitsanalytischer Methoden zur Vorbereitung eines Safety Case in Deutschland -WESAM-	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 112
02 E 10296	Verbundvorhaben: Weiterentwicklung der Rechenprogramme d^3f und r^3t - Visualisierung und Datenanalyse	Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn	📖 116
02 E 10306	Verbundvorhaben: Weiterentwicklung der Rechenprogramme d^3f und r^3t - Entwicklung effizienter Diskretisierungsverfahren für die zu entwickelnden numerischen Verfahren zur Datenanalyse	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg	📖 118
02 E 10316	Verbundvorhaben: Weiterentwicklung der Rechenprogramme d^3f und r^3t - Skalierung von halinen und thermohalinen Strömungen	Friedrich-Schiller-Universität Jena	📖 120
02 E 10326	Verbundvorhaben: Weiterentwicklung der Rechenprogramme d^3f und r^3t - Modellierung des Wärmetransports und Modellierung freier Oberflächen	Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg	📖 122
02 E 10336	Verbundvorhaben: Weiterentwicklung der Rechenprogramme d^3f und r^3t	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 124
02 E 10346	Entwicklung und Umsetzung von technischen Konzepten für tiefe geologische Endlager in allen Wirtsgesteinen (EUGENIA)	DBE TECHNOLOGY GmbH, Peine	📖 126

02 E 10357	Wechselwirkung mobilisierter Radionuklide mit sekundären Phasen in endlagerrelevanten Formationswässern	Forschungszentrum Jülich GmbH	 128
02 E 10367	Anpassung des EMOS-Programmsystems an moderne Softwareanforderungen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	 130
02 E 10377	Untersuchung der THM-Prozesse im Nahfeld von Endlagern in Tonformationen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	 132
02 E 10387	Verbundprojekt: Chemisch-toxische Stoffe in einem Endlager für hochradioaktive Abfälle - Kurztitel: CHEMOTOX	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	 134
02 E 10397	Verbundprojekt: Chemisch-toxische Stoffe in einem Endlager für hochradioaktive Abfälle - Kurztitel: CHEMOTOX	Öko-Institut e.V., Institut für angewandte Ökologie, Freiburg	 136
02 E 10407	Verbundprojekt: Chemisch-toxische Stoffe in einem Endlager für hochradioaktive Abfälle - Kurztitel: CHEMOTOX	DBE TECHNOLOGY GmbH, Peine	 138
02 E 10417	Untersuchungen zur Temperaturabhängigkeit der Komplexbildung und Sorption dreiwertiger Actinide Am(III), Pu(III) im System Actinid-NOM-natürliches Tongestein-Aquifer	TU Dresden	 140

1.3 Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung

02 W 6243 Institutionelle und technologische Weiterentwicklung von internationalen Kernmaterialkontrollen **Forschungszentrum Jülich GmbH**  252

1.4 Sicherheitsforschung für Bergbauregionen - Prozessanalyse und Prognosewerkzeuge für Bergschadensgebiete

- | | | | |
|------------------|---|--|-------|
| 02 C 1466 | Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 1 (BTU): Hydrogeologie und Geochemie des Gesamtsystems | Brandenburgische Technische Universität Cottbus | 📖 228 |
| 02 C 1476 | Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 2 (BGR): Geophysikalische Untersuchungen, Seismische Erkundung, Geologisches 3D-Modell, Bohrungen, Server-Datenbank, Koordination des Gesamtvorhabens | Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover | 📖 230 |
| 02 C 1486 | Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 3 (TUC): Geomechanische Modellierung | Technische Universität Clausthal | 📖 232 |
| 02 C 1496 | Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 4 (K-UTECH): Grundlagen für Geomodellierung | Kali-Umwelttechnik GmbH, Sondershausen | 📖 234 |
| 02 C 1506 | Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 5 (IHU): Erfassung, Bewertung und Darstellung der Strukturgeologie und Hydrochemie | IHU Geologie und Analytik Gesellschaft für Ingenieur-Hydro- und Umweltgeologie mbH, Stendal | 📖 236 |
| 02 C 1516 | Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 6 (WASY): Strömungs- und Transportmodellierung | WASY Gesellschaft für Wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung mbH, Berlin | 📖 238 |
| 02 C 1526 | Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 7 (JoGU): Bestimmung der durchflusswirksamen Porosität | Johannes Gutenberg-Universität Mainz | 📖 240 |
| 02 C 1536 | Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 8 (IIF): Tomographische Radiotraceruntersuchungen und Fluoreszenztraceruntersuchungen | IIF e.V., Leipzig | 📖 242 |

- 02 C 1546** Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 9 (GGA-S1): Deckgebirgseigenschaften über einem bergbaubedingt destabilisiertem Untergrund, abgeleitet aus seismischen Beobachtungen **Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA), Hannover**  244
- 02 C 1556** Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 10 (GGA-S3): Isotopenhydrologische Untersuchungen **Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA), Hannover**  246

2 Formalisierte Zwischenberichte

2.1 E-Vorhaben

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 31.12.2007		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 394.581,00 EUR		Projektleiter: Dr. Jockwer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Felslabor Grimsel führt ENRESA seit 1997 den Versuch FEBEX zur Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in Granitformationen durch. Hierfür ist eine Versuchsstrecke angelegt worden, in die 2 elektrische Erhitzer installiert worden sind. Die Resthohlräume im Versuchsfeld sind mit Bentonitformsteinen versetzt worden.

Versuchsziel ist neben der Demonstration dieser Endlagermethode die Ermittlung der thermo-hydro-mechanischen und der chemisch-mineralogischen Prozesse im Versatzmaterial.

Im Jahre 2002 wurden für die Interpretation der bisherigen Versuchsergebnisse der Erhitzer 1 und das Versatzmaterial ausgebaut.

Da der Prozess der Aufsättigung der Bentonitformsteine mit Formationswasser noch nicht abgeschlossen ist, wird der Versuch am Erhitzer 2 fortgeführt.

GRS untersucht hierbei die Gasentwicklung und -ausbreitung in den Bentonitformsteinen. Hierfür wurden im Jahre 2003 im Versatz am Erhitzer 2 Edelstahlfilterrohre installiert, die ihrerseits zur Gasprobenahme, Gasinjektion und Porendruckmessung an eine Ventilstation mit Druckaufnehmer und Datenerfassungsanlage angeschlossen wurden.

Seit September 2003 werden die Messungen zur Gasfreisetzung im Versatz und der Gaspermeabilität des Versatzes erfolgreich fortgeführt. Die Messeinrichtungen und Auswerteverfahren sind aus den bisherigen Untersuchungen vorhanden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Vorhaben (Arbeiten der GRS) untergliedert sich in:

- Laboruntersuchungen zur Gasentwicklung aus dem Bentonit
- Qualitative und quantitative Erfassung der Gasfreisetzung am Erhitzer 2
- Permeabilität des Versatzes um Erhitzer 2 in Abhängigkeit von der Zeit
- Erfassung des Innerporendruckes in Versatz infolge Gasfreisetzung

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

In 2007 zeigt sich in einem der 6 Messintervalle ein Druckanstieg von Atmosphärendruck auf 0.3 MPa. Offensichtlich beginnt sich der Versatz aus hochkompaktierten Bentonitformsteinen langsam aufzusättigen und abzudichten. Die Analyse der entnommenen Gase ergab weiterhin einen Anstieg der Komponenten

- Wasserstoff bis auf 1000 vpm
- Kohlenwasserstoffe bis auf 20 000 vpm
- Kohlendioxid bis auf 51 000 vpm

Die im Dezember 2006 durchgeführten Injektionstests zur Ermittlung der Gaspermeabilität wurden ausgewertet. Die effektiven Gaspermeabilitäten nehmen allmählich ab, was auf eine allmähliche Aufsättigung des Bentonits hindeutet. Die Zahlenwerte liegen inzwischen überwiegend im Bereich 10^{-19} bis 10^{-17} m².

4. Geplante Weiterarbeiten

Letzte Messungen zur Gasfreisetzung aus dem aufgeheizten Bentonitversatz und zur Permeabilität im November 2007. Aufzeichnung Gasdruckaufbau im Porenraum des aufgeheizten Bentonitversatz bis November 2007.

In Abstimmung mit NAGRA und ENRESA Rückbau der im Versuchsfeld installierten Komponenten.

Auswertung der Messungen zur Gasfreisetzung und Permeabilität des aufgeheizten Bentonitversatzes. Erstellung des Abschlussberichts.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: DBE TECHNOLOGY GmbH, Eschenstraße 55, 31224 Peine		Förderkennzeichen: 02 E 9743
Vorhabensbezeichnung: Messtechnische und modelltheoretische Untersuchungen zum THM-Verhalten einer Bentonit-Barriere im Bereich des Phasenübergangs der Porenflüssigkeit unter Einsatz faseroptischer Technologie im Rahmen von Versuchen im URL 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: 01.08.2003 bis 30.06.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 544.748,00 EUR	Projektleiter: Jobmann	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist es zum einen, faseroptische Temperatur-, Totaldruck- und Porenwasserdruck-Sensoren, die aus unterschiedlichen Materialien (Titan und Edelstahl) gefertigt sind, im Rahmen der auf 5 respektive 10 Jahre angesetzten Versuche im URL Äspö einem In-situ-Langzeittest unter hohen Temperaturen und in korrosiver Umgebung zu unterziehen. Zum anderen sollen die Messungen modelltheoretisch begleitet werden, um die gemessenen Werte im Modell nachvollziehen und somit das Verständnis bezüglich des thermo-hydro-mechanischen Verhaltens der mehrkomponentigen Barriere verbessern zu können.

Das Verhalten des Barrierematerials wird rechnerisch simuliert und mit den gemessenen Werten analysierend verglichen. Die Modellierung erfolgt dabei in drei Phasen. Da die Temperatur neben dem Wasserdruck eine wesentliche treibende Kraft ist, soll zunächst in einer rein thermischen Simulation die dreidimensionale Temperaturentwicklung innerhalb des gesamten Versuchsaufbaus analysiert werden, um eine Parameteridentifikation zu erarbeiten. In einer zweiten Phase soll das hydraulische und das thermo-mechanische Materialverhalten untersucht werden, um anschließend in einer dritten Phase gekoppelte THM Berechnungen auf Basis bisheriger Ergebnisse zur Versuchsanalyse durchführen zu können.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Projektmanagement
2. Messtechnische Datenerfassung
3. Modelltheoretische Versuchsbegleitung
4. Rückholung und Nachanalyse der Mess-Systeme
5. Berichtswesen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die durchgeführten Arbeiten konzentrierten sich auf den Temperature-Buffer-Test (TBT). Dies ist ein Erhitzerversuch im Maßstab 1:1, bei dem zwei Behälter in einer kurzen vertikalen Bohrung im Granit eingelagert werden. Der untere Behälter ist mit Bentonit umgeben, der obere zunächst mit einer Sandschicht und dann mit Bentonit. Der Versuchsaufbau ist umfangreich mit Sensoren instrumentiert u. a. zur Messung von Temperaturen, Druck und Porenwasserdruck.

Anhand von Laborversuchen hat sich gezeigt, dass das hydraulische Verhalten, wie erwartet, deutlich auch durch Kapillarkräfte beeinflusst ist. Der Kapillardruck ist abhängig vom Sättigungsgrad im Bentonit und, wie Laborversuche zeigen, auch abhängig von der Temperatur und zwar vor allem im Bereich erhöhter Wassersättigung. Um die genannten Abhängigkeiten simulieren zu können, wurde, ergänzend zu den bisherigen Berechnungen mit dem Code FLAC, der Computer-Code TOUGH2 eingesetzt. Das Programm ermöglicht ein-, zwei- und dreidimensionale Berechnungen nichtisothermer Strömungs- und Transportprozesse in geklüftet-porösen Medien. Nach Erstellung eines TOUGH2-Modells zur Simulation des TBT-Versuchs wurde zunächst der mit FLAC erfolgreich identifizierte thermische Parametersatz in das TOUGH2-Modell übernommen und durch Vergleichsberechnungen die korrekte Wiedergabe des Temperaturfeldes erreicht.

Darauf aufbauend erfolgt die Modellierung der Porenwasserdruckentwicklung im Vergleich mit den in situ gemessenen Porenwasserdrücken durch zunächst thermisch-hydraulisch gekoppelte Berechnungen. Unter Ansatz der vorgegebenen Filterinjektionsraten erfolgt, beim derzeitigen Stand der Berechnungen, die Aufsättigung des äußeren Sandringes noch zu schnell im Vergleich mit den Messwerten, bildet aber generell die beobachteten Effekte der Aufsättigung des Sandfilters und der beginnenden Aufsättigung des angrenzenden Bentonits gut ab.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Fortführung der Modellierungen mit dem TOUGH2-Code zur Analyse des hydraulischen Verhaltens, insbesondere der sättigungs- und temperaturabhängigen Kapillardruckentwicklung. Verbesserung der Modellanpassung durch Parametervariation. Es soll insbesondere der Einfluss der Temperatur herausgearbeitet werden.
- Weiterentwicklung des numerischen Computermodells zur versuchsbegleitenden Modellierungen der gekoppelten thermo-hydro-mechanischen Prozesse innerhalb des Buffermaterials.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9783
Vorhabensbezeichnung: Handbuch der Endlagerung – Umgang mit wärmeentwickelnden und langlebigen schwach- und mittelaktiven Abfällen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2003 bis 30.11.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 604.485,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Brewitz	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Handbuch der Endlagerung soll einen fachlichen Überblick über das in Deutschland auf dem Gebiet der Endlagerung bisher erreichte Wissen in allen für die Endlagerung relevanten Forschungsgebieten geben. Es soll dokumentieren, inwieweit die grundlegenden wissenschaftlichen und technischen Probleme der Endlagerung zum jetzigen Zeitpunkt gelöst sind und wo noch offene Fragen vorhanden sind.

Aufgrund des breit angelegten Ansatzes und seiner übergreifenden Zielsetzung berührt das Vorhaben alle Themenbereiche des BMWi-Förderkonzeptes „Schwerpunkte zukünftiger FuE-Arbeiten bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle (2002- 2006)“, sowie den internationalen Fortschritt bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Vorbereitende Technische Arbeiten, mit Verhandlungen mit Verlagen, Festlegung von Formaten, Feingliederung und Definition von Schnittstellen, Ansprache möglicher Autoren, Terminplan zu Einzelkapiteln.

AP2: Erarbeitung von Einzelbeiträgen und Hauptkapiteln, mit Auftragsvergabe an Autoren, Erarbeitung von Teilkapiteln, Abstimmungsgesprächen, redaktioneller Überarbeitung, unabhängigem Qualitätsmanagement.

AP3: Arbeiten zur Drucklegung und Herausgabe, mit Zusammenstellung der Druckvorlage, Entwurfsabnahme durch Auftraggeber, Endredaktion, Vorbereitung und Durchführung von PR-Maßnahmen.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Berichtszeitraum (1. Halbjahr 2007) wurden Teilleistungen zu sämtlichen Arbeitspaketen erbracht. Insbesondere sind die Stoffsammlungen der Fachkapitel ergänzt und die Textentwürfe weiter bearbeitet worden. Die weitere Vorgehensweise zur Drucklegung wurde mit einem geeigneten Verlag besprochen. Darüber hinaus wurden in Abstimmung mit BMWi interne und externe Fachleute - wie vorgesehen - beauftragt, die vorliegenden Texte hinsichtlich ihrer Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität und Angemessenheit zu prüfen und im Bedarfsfall ergänzende Hinweise zu geben. In einigen Fällen konnten derartige Hinweise schon in die Textentwürfe eingearbeitet werden, so dass mittlerweile bereits einige Teilkapitel in überarbeiteter Form vorliegen. Sämtliche Dokumente sind weiterhin auf einer gemeinsam zu nutzenden QuickPlace-Kommunikations-Plattform eingestellt. Am 28. März 2007 hat das BMWi ein Gespräch mit den hinzugezogenen Fachleuten geführt, um deren Einschätzung zum Stand des Gesamtwerkes zu hinterfragen. Als Ergebnis wurde vom BMWi festgestellt, dass eine Veröffentlichungsreife noch nicht erreicht ist. Zur weiteren Klärung der Erfolgsaussichten und möglicher Vorgehensweisen zur zeitnahen Fertigstellung wurden verschiedene Gespräche mit dem Projektträger und dem BMWi geführt. Eine Entscheidung steht derzeit noch aus.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Umsetzung der weiteren geplanten Arbeiten hängt von einer Entscheidung des Auftraggebers über Art und Umfang dieser Arbeiten ab. Eine diesbezügliche Entscheidung ist für Juli 2007 avisiert. Die gegenwärtigen Überlegungen umfassen:

- Absprache mit dem Öko-Institut und ausgewählten externen Fachleuten zu den inhaltlichen Aussagen der Fachkapitel
- Editierung der Fachkapitel mit Herausstellung von abschließenden Erkenntnissen zur Machbarkeit der Endlagerung und Darlegung noch notwendiger Forschungsarbeiten
- Entwicklung eines Übersichtskapitels zur Darlegung des „roten Fadens“ (insb. fachliche und verfahrensbezogene Zusammenhänge)

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: Öko-Institut e.V., Institut für angewandte Ökologie, Merzhauser Straße 173, 79100 Freiburg		Förderkennzeichen: 02 E 9793
Vorhabensbezeichnung: Handbuch der Endlagerung – Umgang mit wärmeentwickelnden und langlebigen schwach- und mittelaktiven Abfällen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2003 bis 30.11.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 624.916,00 EUR	Projektleiter: Sailer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Auf dem Gebiet der Endlagerforschung werden Arbeiten gefördert, die dazu dienen, technisch-wissenschaftliche Grundlagen für eine fundierte und nachvollziehbare Bewertung sicherheitsrelevanter Aspekte und Anforderungen für ein Endlager für radioaktive Abfälle zu erarbeiten.

In dem vorliegenden Vorhaben soll, unter Nutzung der in Deutschland vorhandenen Expertise, eine zusammenschauende Darstellung der vorliegenden Kenntnisse und Erfahrungen erarbeitet werden. Dabei sollen neben dem in den vergangenen Jahren überwiegend untersuchten Wirtsgestein Salz auch alternative Wirtsgesteine in die Zusammenstellung mit einbezogen werden.

Weil ein fachlicher Überblick über das in Deutschland auf dem Gebiet der Endlagerung bisher Erreichte nicht zugänglich ist, soll das zu erarbeitende Handbuch einen breiten Überblick über den Stand von Wissenschaft und Technik auf allen für die Endlagerung relevanten Feldern bieten.

Aufgrund des breit angelegten Ansatzes und seiner übergreifenden Zielsetzung berührt das Vorhaben alle Themenbereiche des BMWi-Förderkonzeptes „Schwerpunkte zukünftiger FuE-Arbeiten bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle (2002- 2006)“.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Vorbereitende Technische Arbeiten

Verhandlungen mit Verlagen, Festlegung des Druckformats, Entscheidungen zu Einbindung von Bildmaterial, Feingliederung und Definition von Schnittstellen, Ansprache möglicher Autoren, Terminplan zu Einzelkapiteln etc.

AP2: Erarbeitung von Einzelbeiträgen und Hauptkapiteln

Erarbeitung von Kapitel-Textversionen, Abstimmungsgespräche, redaktionelle Überarbeitung, Durchführung Redaktionssitzungen, unabhängiges Qualitätsmanagement, (ggf. Auftragsvergabe an "externe" Autoren).

AP3: Arbeiten zur Drucklegung und Herausgabe

Zusammenstellung der Druckvorlage, Berichterstattung zur Entwurfsabnahme durch Auftraggeber, Endredaktion, Absprachen mit Verlag, Vorbereitung und Durchführung von PR-Maßnahmen.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im ersten Halbjahr des Jahres 2007 wurden Teilleistungen aus allen Arbeitspaketen (AP1, AP2 und AP3) erbracht. Zu Beginn des Jahres 2007 fanden letzte Überarbeitungen der bestehenden Kapitel-Textversionen, teilweise in Abstimmung mit dem Projektpartner GRS, statt. Darüber hinaus wurde ein Review der Textentwürfe des Handbuchs der Endlagerung inhaltlich und organisatorisch vorbereitet.

In einer Besprechung zwischen den Projektpartnern GRS und Öko-Institut sowie der VVEW Energieverlag GmbH wurde das konkrete Vorgehen hinsichtlich der Drucklegung des Handbuchs der Endlagerung festgelegt.

In der Zeit vom 09.02.2007 bis 28.03.2007 fand der Review der Textentwürfe des Handbuchs der Endlagerung durch insgesamt neun interne und externe Reviewer statt. Die Ergebnisse der externen Reviews wurden in der Besprechung vom 28.03.2007 diskutiert. Eine weitere Handbuch-Besprechung zwischen BMWi, Projektträger, GRS und Öko-Institut fand am 17.04.2007 statt.

Nach Vorliegen der Reviews wurden die Anmerkungen der Reviewer ausgewertet. Bis zum Ende des Berichtszeitraums erfolgte die Überprüfung der vorliegenden Textentwürfe im Hinblick auf ihren Überarbeitungsbedarf vor dem Hintergrund der Ergebnisse der Reviews.

In der Zeit vom 27.04. bis 31.05.2007 wurde durch die Firma Intelligenz Systeme Transfer Potsdam (IST) ein Audit durchgeführt. Die Ergebnisse dieses Audits wurden durch die Firma IST am 8.06.2007 vorgestellt und zwischen BMWi, Projektträger, GRS und Öko-Institut diskutiert.

4. Geplante Weiterarbeiten

Für das zweite Halbjahr 2007 ist die abschließende Überprüfung der vorliegenden Textentwürfe im Hinblick auf ihren Überarbeitungsbedarf vor dem Hintergrund der vorliegenden Reviews vorgesehen. Weiterhin sind Absprachen zu den inhaltlichen Aussagen der Textentwürfe und zur Textüberarbeitung zwischen GRS, Öko-Institut und ausgewählten externen Wissenschaftlern geplant. Parallel dazu soll die Überarbeitung der Texte erfolgen. Die Überarbeitung der Texte beginnt mit einem einleitenden Kapitel, das als „roter Faden“ durch das Handbuch führt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9813	
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung eines Instrumentariums zur Berechnung des Radionuklidtransports in Tonformationen			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2003 bis 31.07.2007		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 773.470,00 EUR		Projektleiter: Dr. Rübel	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines Instrumentariums zur Durchführung von Langzeitsicherheitsanalysen für Endlager in Tonformationen. Dieses soll die nach dem derzeitigen Stand der Wissenschaft relevanten Prozesse für die Langzeitsicherheit berücksichtigen.

Zu diesem Zweck werden Rechenprogramme entwickelt. Dabei wird von vorhandenen Transportprogrammen ausgegangen. Das Ton-Instrumentarium liefert einen wichtigen Beitrag, um zusammen mit den bestehenden Instrumentarien für Granit- und Salzformationen vergleichende Langzeitsicherheitsanalysen durchzuführen, die für bei zukünftigen Standortentscheidungen erforderlich sind.

Durch das Projekt TONI werden die Arbeiten in den Arbeitspaketen 3.3 und 3.4 im europäischen Projekt FUNMIG kofinanziert.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Im Arbeitspaket 1 werden das konzeptionelle und numerische Modell für Tonformationen entwickelt. Danach werden die Rechenprogramme GRAPOS, CHETMAD und r^3t weiterentwickelt und angepasst.

Im Arbeitspaket 2 werden die Rechenprogramme verifiziert und validiert. Dazu werden die Vergleiche mit analytischen Rechenfällen durchgeführt. Weiterhin werden zum einen natürliche Spurenstoffverteilungen an den Standorten Benken und Mont Terri und zum anderen Bohrlochversuche aus dem Untertagelabor Mont Terri modelliert. In den Arbeitspaketen 3.3 und 3.4 des kofinanzierten Projekts FUNMIG werden diese Arbeiten fortgeführt und erweitert.

Im Arbeitspaket 3 wird basierend auf dem Endlagerkonzept aus den Forschungsvorhaben GEIST und GENESIS eine Systemstudie durchgeführt. Dabei werden mögliche Szenarien definiert und ein Referenzfall festgelegt. Mit Hilfe der neu entwickelten Rechenprogramme werden für das generische Endlager Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit durchgeführt. Durch Parametervariationen sollen Unsicherheiten bezüglich des Radionuklidtransports ermittelt werden.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Fertigstellung der Entwicklungsarbeiten für CLAYPOS zur Durchführung probabilistischer Rechnungen.
- AP2: Die erste gekoppelte Version von PHREEQC und r^{3t} mit Berücksichtigung des Ionenaustauschprozesses wurde getestet. Die Übereinstimmung der Ergebnisse des gekoppelten Programms r^{3t} mit der in PHREEQC integrierten Transportmodellierung ist zufrieden stellend. Offen bleibt die Integration der Behandlung der Oberflächenkomplexe.
- AP3: Die probabilistischen Rechnungen für die beiden untersuchten Tonformationen wurden durchgeführt. Als Ergebnis lässt sich feststellen, dass der Einfluss der Parameterunsicherheit auf das Maximum der jährlichen Strahlenexposition geringer ist, je mächtiger die Formation ist. Bei Tonformationen mit einer Mächtigkeit wie jener bei den Unterkreidetonen ist der Diffusionskoeffizient der einzige Parameter, der einen wesentlichen Einfluss auf den Verlauf der jährlichen Strahlenexposition hat. Alle anderen Parameter haben demgegenüber nur eine untergeordnete Bedeutung.

Der Abschlussbericht wurde in einem ersten Entwurf fertig gestellt und liegt dem Projektträger vor.

4. Geplante Weiterarbeiten

Präsentation der Ergebnisse auf Konferenzen:

Vortrag: Clays in natural & engineered barriers for radioactive waste confinement, 17.-20. September in Lille. Titel: Influence of the transport parameter uncertainty on the long-term safety of nuclear waste repositories in clay formations.

Poster: International conference on radioactive waste disposal in geological formations, 6.-9. November in Braunschweig. Titel: Long-term safety assessment for a generic nuclear waste repository in a clay formation.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Rübel, A.: Progress report on modelling of two in-situ diffusion experiments by codes of different complexity. FUNMIG internal report PID 3.3.3, Braunschweig, 2006.

Rübel, A.: Report on modelling of tracer profiles with two models of different complexity. FUNMIG internal report PID 3.4.6, Braunschweig, 2007.

Rübel, A.: Modellierung des Schadstofftransports für Endlager in Tongesteinen / Modelling of contaminant transport for repositories in clay formations. in: GRS Jahresbericht / Annual Report 2005/2006, Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS) mbH.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9824	
Vorhabensbezeichnung: Advektiver und diffusiver Gastransport im Salzgestein im Forschungsbergwerk Asse (Addigas)			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2004 bis 30.06.2007		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 231.130,00 EUR		Projektleiter: Dr. Jockwer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Forschungsbergwerk Asse sollen im Salzgestein auf der 800-m-Sohle, das für die geplante Endlagerung radioaktiver Abfälle repräsentativ ist, der advektive und diffusive Gastransport, der advektive Laugentransport und der Grad der Auflockerung, deren Anisotropie und Tiefe ermittelt werden, wobei die Messungen

- unter der ursprünglichen Sohle,
- unmittelbar nach der Entfernung des oberen Meters der Sohle unter der neuen Sohle
- und etwa zwei Jahre später unter der neuen Sohle

durch geführt werden sollen. Durch diese Messungen erhält man Informationen der zeitlichen und örtlichen Entwicklung der Auflockerungszone und die Größe der hydraulischen Parameter für Gas und Lauge in diesem Bereich. Daten zur Auflockerungszone im Salzgestein werden für die Auslegung und den Bau von Dämmen, Abschlussbauwerken und Bohrlochverschlüssen im Endlager für radioaktive Abfälle benötigt. Insbesondere kann die Effektivität des Entfernens von Auflockerungszonen vor Einbringung eines Streckenverschlusses durch die Untersuchungen geprüft werden. Im Vorhaben ALOHA/BAMBUS II wurde ein Messverfahren entwickelt und erfolgreich getestet, um in Stoßnähe die Ausdehnung der Auflockerungszone und deren hydraulische Parameter für Gas und Lauge zu bestimmen. Dieses Verfahren soll angewandt und gegebenenfalls weiterentwickelt werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Gasinjektionstests zur Bestimmung der Gaspermeabilität
- Tracertests mit Gasen unter Atmosphärendruck zur Bestimmung der Gasdiffusion
- Laugeninjektion zur Bestimmung der Laugenpermeabilität
- Geoelektrische Widerstandsmessungen zur Erfassung der Permeabilitätsanisotropie durch Ortung der Laugenausbreitung

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

An den Messplätzen A und B wurde Lauge injiziert und die Laugenausbreitung durch geoelektrische Messungen verfolgt. Unter der 20 Jahre alten Sohle an Messplatz B wurden insgesamt 2.8 l Lauge injiziert, die weitgehend in dem Tiefenbereich des Injektionsintervalls (30 cm) verblieb. Damit ist gezeigt, dass die Permeabilitätsanisotropie nicht allein durch eine Tiefenabhängigkeit, sondern durch Rissorientierung gegeben ist.

Die Gaspermeabilität erreichte unter der 20 Jahre alten Streckensohle mit entsprechender Auflockerungszone (Messplatz B) Werte bis zu 10^{-13} bis 10^{-14} m^2 , während sie in der frisch nachgeschnittenen Sohle (Messplatz A) nur am unmittelbaren Streckensaum 10^{-18} m^2 erreichte und bereits in 30 cm Tiefe unterhalb 10^{-19} m^2 lag. 16 Monate nach Nachschneiden wurde nur eine leichte Erhöhung festgestellt.

Der Messplatz C wurden für die Messung der Gasdiffusion und -permeabilität vorbereitet und die Messungen durchgeführt. 33 Monate nach Nachschneiden der Streckensohle wurden hier Permeabilitäten von 10^{-16} bis 10^{-17} m^2 gemessen.

Die Diffusionskonstanten für Gase lagen in der 20 Jahre alten Stecke im Bereich von 10^{-8} bis 10^{-7} m^2s^{-1} und in der frisch nachgeschnittenen Sohle im Bereich von 10^{-10} bis 10^{-9} m^2s^{-1} .

Aus den Ergebnissen der Permeabilitäts- und Diffusionsmessungen kann geschlossen werden, dass sich eine signifikante Auflockerungszone erst nach Jahren ausbildet.

Das Vorhaben wurde abgeschlossen und das Versuchsfeld wieder zurückgebaut.

4. Geplante Weiterarbeiten

Erstellung des Abschlussberichtes.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Jockwer, N., Wieczorek, K. Excavation Damaged Zones in Rock Salt Formations, 6th Conference on the Mechanical Behavior of Salt, Hannover, May 22 – 25, 2007.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9834	
Vorhabensbezeichnung: Laborprogramm zur Untersuchung der Entwicklung und Verheilung von Auflockerungszonen in Tonsteinformationen - LUVEAT			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2004 bis 31.12.2007		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 207.286,00 EUR		Projektleiter: Dr. Zhang	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Ziel der Arbeiten besteht in der Untersuchung potentieller Rissbildung und Störungen in Auflockerungszonen (ALZ) in Tonsteinformationen und der Möglichkeit ihrer Selbstheilung durch plastische Verformung und Quellung.

Im Rahmen des EU-Projektes NF-PRO wird die GRS in Abstimmung mit den Projektpartnern ein Arbeitsprogramm in der großen MTS-Presse im GRS-Labor an großen Tonkernen mit Zentralbohrungen unter relevanten hydromechanischen Bedingungen durchführen. Es werden die Auffahrung, Ventilation und Verfüllung von Schächten, Bohrlöchern und Strecken simuliert, wobei sich die Entstehung sowie die Entwicklung der Auflockerungszone im Tonkern infolge der Beanspruchung und schließlich die Heilung der ALZ nach der Verfüllung und Aufsättigung des Verfüllmaterials im Bohrloch beobachten lässt.

Mit dem Vorhaben werden die vorhandenen Grundlagen und Methoden für die Vorhersage der Dichtwirkung von Tonsteinbarrieren gegenüber schadstoffbelasteten Fluiden verbessert und weiterentwickelt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Entwicklung und Erprobung eines Versuchssystems
- Vorversuche zur Entwicklung/Verheilung der ALZ in gelochten Tonkernen mit $D/d/L = 100/20/200$ mm
- Hauptversuche zur Entwicklung/Verheilung der ALZ in großen gelochten Tonkernen mit $D/d/L = 280/55/600$ mm
- Modellrechnungen der Laborversuche

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Ein Versuch zur Verheilung eines stark geschädigten großen Tonkerns mit einem Durchmesser von 260 mm und einer Länge von 600 mm wurde in der großen MTS-Triaxialprüfanlage bei Raumtemperatur durchgeführt. Der Versuch wurde über etwa fünf Monate mit den drei folgenden Testphasen gefahren:

- Ermittlung der Gaspermeabilität in Abhängigkeit von der Belastung;
- Wasserinjektion zur Aufsättigung;
- Untersuchung des Gasdurchbruchdrucks und der Gaspermeabilität nach Wasseraufsättigung.

Die wesentlichen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die stark geschädigte Probe zeigte zu Beginn eine hohe Gaspermeabilität von 10^{-13} m^2 ;
- Bei einem Manteldruck von 3 MPa wurde eine Abnahme der Gaspermeabilität von 10^{-13} m^2 auf 10^{-14} m^2 bei Erhöhung der Axialbelastung von 3 auf 19 MPa beobachtet;
- Unter einer konstanten Axialspannung von 19 MPa bewirkte eine Erhöhung des Manteldrucks von 3 auf 18 MPa eine deutliche Reduzierung der Gaspermeabilität von 10^{-14} m^2 auf 10^{-19} m^2 ;
- Eine Verringerung der Axial- und Radialspannungen auf 3 MPa erhöhte die Gaspermeabilität von 10^{-19} m^2 auf 10^{-16} m^2 ;
- Bei konstanter hydrostatischer Spannung von 6 MPa nahm die Gaspermeabilität innerhalb von 22 Tagen von $1 \cdot 10^{-16} \text{ m}^2$ auf $6 \cdot 10^{-17} \text{ m}^2$ ab;
- Bei einem hohen Injektionsdruck von 0.5 MPa ist die Gaspermeabilität um etwa einen Faktor 2 – 3 größer als bei einem niedrigen Druck von 0.1 MPa;
- Während und nach der Wasserinjektion mit einem Injektionsdruck von 1.5 MPa über einen Monat wurde kein Wasserausfluss beobachtet;
- Nach der Wasseraufsättigungsphase wurde bei einem Injektionsdruck von 0.7 MPa ein Gasaustritt beobachtet und eine relativ niedrige Gaspermeabilität von $1 \cdot 10^{-18} \text{ m}^2$ gemessen. Dieser Wert liegt um zwei Größenordnungen niedriger als derjenige vor der Wassersättigung;
- Eine Erhöhung des Manteldrucks von 3 auf 6 MPa bewirkte eine starke Reduzierung der Gaspermeabilität auf $5 \cdot 10^{-21} \text{ m}^2$, welche mit der Permeabilität des ungestörten Tonstein vergleichbar ist.

Die gewonnenen Laborergebnisse wurden in einem zusammenfassenden Abschlussbericht für das NF-PRO-Projekts zusammengestellt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Erstellung des Abschlussberichtes.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Zhang, C.-L., Rothfuchs, T. (2007): Experimental study on the self-sealing capacity of clay rocks, Poster presentation on the 3rd International Meeting „Clays in natural and engineered barriers for radioactive waste confinement“ 17-20 September 2007, Lille, France.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln	Förderkennzeichen: 02 E 9844
Vorhabensbezeichnung: NF-PRO 5, Process Couplings and Integration in Performance Assessment	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2004 bis 31.12.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtkosten des Vorhabens: 130.168,00 EUR	Projektleiter: Dr. Becker

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben umfasst den Anteil der GRS am Unterprojekt 5 (RTDC 5) des von der Europäischen Kommission geförderten Projekts NF-PRO.

Einzelne, besonders relevante Effekte im Nahbereich von Endlagern für radioaktive Abfälle sollen im Hinblick auf eine spätere Berücksichtigung in Rechenprogrammen zur Analyse der Langzeitsicherheit identifiziert werden. Dazu werden existierende Studien und die parallel laufenden Arbeiten des Gesamtprojekts NF-PRO ausgewertet. Die identifizierten Prozesse werden in phänomenologische Modelle umgesetzt. Rechenschemata zur Berechnung von Massenbilanzen und Massenströmen werden erarbeitet und angewendet. Anhand der Ergebnisse werden wechselseitige Einflüsse zwischen geochemischen und Transportvorgängen abgeschätzt und bewertet.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Unterprojekt 5 (RTDC) des Gesamtprojekts NF-PRO gliedert sich in zwei Arbeitspakete. Der Anteil der GRS wird in mehreren Arbeitsschritten durchgeführt.

AP5.1: Phänomenologische Analyse von Nahfeldprozessen.

AP5.1.1: Identifikation wichtiger Nahfeldprozesse. Anhand existierender Studien und gestützt auf Erkenntnisse aus den Unterprojekten 1 bis 4 werden bedeutsame Prozesse identifiziert und in phänomenologische Modelle umgesetzt. Die GRS befasst sich dabei mit abgebrannten Brennelementen in Stahlbehältern in Ton- und Salzformationen.

AP5.1.2: Massenbilanzen und Massenströme. Für Massenbilanzen und Massenströme von Substanzen, die aus den Bestandteilen der Abfälle und Versatzstoffe gelöst werden, werden Rechenschemata erarbeitet und auf existierende Studien angewandt. Anhand der Resultate wird die Bedeutung des wechselseitigen Einflusses zwischen geochemischen und Transportprozessen bewertet.

AP5.1.3: Teilnahme an Projektworkshops.

AP5.2: Zusammenführung und Auswertung der Ergebnisse aller Unterprojekte.

Die GRS trägt zum Arbeitspaket durch Teilnahme an Diskussionen und Mitarbeit an der Dokumentation bei.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

In der Komponente 5 des Gesamtprojekts wurden im Berichtszeitraum von allen teilnehmenden Organisationen die Modellrechnungen zu Nahfeldprozessen abgeschlossen. Die inhaltlichen Arbeiten am Projekt sind damit weitgehend beendet. Während die Arbeiten der GRS sich vorwiegend auf das Wirtsgestein Salz konzentrierten, wurden von den anderen Projektpartnern ausschließlich Ton- und Granit untersucht. Der gemeinsame Abschlussberichts, der sowohl die Ergebnisse der Komponente 5 zusammenfassen als auch Schlussfolgerungen aus dem Gesamtprojekt ziehen wird (Synthesis Report) wurde im Detail geplant. Dazu fand ein Arbeitsmeeting statt.

Von Seiten der GRS wurde mit dem entwickelten zeitabhängigen Modell eine Analyse für eine realistische Grubengebäudestruktur für ein Endlager im Salz durchgeführt. Das Modell sowie die Ergebnisse für die vereinfachten Strukturen und die realistische Struktur wurden in einem internen Projektbericht dargestellt und erläutert. Die Ergebnisse wurden bezüglich der Relevanz von Korrosionsprozessen für die Nahfeldmodellierung bewertet. Zur Anwendbarkeit des Modells auf Grubengebäude in Tonformationen wurden grundsätzliche Überlegungen angestellt.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Abschließende inhaltliche Arbeiten zum Korrosionsansatz und zur Anwendung auf Endlager in Tonformationen.
- Mitarbeit am Synthesis Report.
- Erstellung eines eigenen Abschlussberichts, in dem die Arbeiten der GRS ausführlich dokumentiert werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Rolf-Peter Hirsekorn, Dirk-Alexander Becker: Modelling of Corrosion-Induced Processes in Emplacement Boreholes and Drifts. NF-PRO Deliverable 5.14

Auftragnehmer: DBE TECHNOLOGY GmbH, Eschenstraße 55, 31224 Peine		Förderkennzeichen: 02 E 9854
Vorhabensbezeichnung: Optimierung der Direkten Endlagerung durch Kokillenlagerung in Bohrlöchern, Machbarkeitsstudie und Entwurfs- und Konzeptplanung (DENKMAL)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2004 bis 31.01.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.799.659,00 EUR	Projektleiter: Filbert	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Gesamtziel des Vorhabens ist die Entwicklung und die Erprobung eines technisch machbaren Konzeptes zur Endlagerung gezogener Brennstäbe aus unzerschnittenen Brennelementen in vertikale Bohrlöcher. In der Phase 1 soll durch eine Machbarkeitsanalyse untersucht werden, unter welchen Randbedingungen der vollständige Zyklus der Einlagerung von mit unzerschnittenen Brennstäben beladenen Kokillen erfolgen kann. Untersucht werden sollen der Transport über Tage, die Schachtförderung, der Transport unter Tage und letztendlich die Einlagerung in einem vertikalen Bohrloch. Daraus sollen Anforderungen an die Komponenten zur Einlagerung erarbeitet, notwendige Untersuchungsschwerpunkte herausgestellt und ein technisches Konzept abgeleitet werden. Die Phase 1 schließt nach der Konzeptplanung mit einer Entwurfsplanung zum ausgewählten Konzept ab.

Das Vorhaben wird durch die EU und die deutsche kerntechnische Industrie mitgefördert und ist im Rahmen des 6. EU-Rahmenprogramms (2002 – 2006) in das integrierte Projekt IP ESDRED (Engineering Studies and Demonstration of Repository Designs) eingebunden. In der Phase 2 werden die Versuchskomponenten bis zur Ausführungsreife geplant, gefertigt und zusammen mit den vorhandenen Komponenten Plateauwagen und Einlagerungslokomotive für den Demonstrationsversuch bereitgestellt. Im Einzelnen soll die technische Machbarkeit nachgewiesen, die Sicherheit in der Betriebsphase durch hinreichend viele Demonstrationsversuche überprüft und Ableitungen für die Sicherheit in der Nachbetriebsphase getroffen werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

„Phase 1“ des Vorhabens:

AP1: Grundlagenermittlung: Die Grundlagen und Randbedingungen für die technischen Komponenten des Einlagerungssystems werden im Rahmen der Kooperation des IP ESDRED zusammengestellt und abgestimmt. Der Entwicklungsbedarf für relevante Komponenten wird ermittelt und die Verwendbarkeit vorhandener Komponenten geprüft.

AP2: Konzeptplanung: Es werden Konzeptionen für das Gesamtsystem der Einlagerung von Brennstabkokillen in tiefe vertikale Bohrlöcher entwickelt und die, gemäß den Anforderungen aussichtsreichste hinsichtlich der Realisierung, über ein Bewertungsverfahren ermittelt.

AP3: Entwurfsplanung: Das in der Konzeptplanung entwickelte und ausgewählte Gesamtsystem und dessen Komponenten zur Einlagerung von Brennstabkokillen werden in Entwurfsplanungstiefe bearbeitet. Eine durchzuführende Betriebsstörungsanalyse ermöglicht die Überprüfung des Gesamtsystems auf Schwachstellen. Mit der Erstellung der Ausschreibungsunterlagen für Ausführungsplanung und Fertigung von Komponenten wird die Phase 1 des Projektes abgeschlossen.

„Phase 2“ des Vorhabens:

AP4: Ausführungsplanung: Das in der Entwurfsplanung entwickelte und ausgewählte Gesamtsystem zur Einlagerung von Brennstabkokillen wird in Ausführungsplanungstiefe bearbeitet.

AP5: Fertigung der Komponenten: Im Arbeitspaket werden die Komponenten gefertigt und zusammen mit den vorhandenen Komponenten am Versuchsort aufgebaut.

AP6: Versuchsdurchführung: In einem übertägigen Versuchsstand wird der Einlagerungsvorgang mit allen Komponenten unter realitätsnahen Bedingungen demonstriert und die Zuverlässigkeit überprüft.

AP7: Versuchsauswertung: Im Arbeitspaket erfolgt die Versuchsauswertung und die Erstellung des Abschlussberichtes.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP4:

Die Leistungen zur Ausführungsplanung und zum Bau des Plateauwagens wurden ausgeschrieben und vergeben. Der ausgewählte Unterauftragnehmer hat die Arbeiten zur Ausführungsplanung aufgenommen. Die Ausführungsplanungen zum Bauteil Abschirmhaube der Einlagerungsvorrichtung sind aufgrund der konstruktiven Abhängigkeit zur oberen Schleuse des internen Transferbehälters noch nicht abgeschlossen worden. Mit dem Entwurf zur technischen Realisierung dieses Systems erfolgte eine Überprüfung der Abschirmhaubenkonstruktion hinsichtlich der radiologischen Auslegung.

Auf der Basis der Auslegungsanforderungen wurden für die Konzeptberichte interner Transferbehälter und Bohrlochschleuse Auslegungsrechnungen für den bestimmungsgemäßen Betrieb und für Störfälle in den Bereichen Abschirmung, Technik und Mechanik durchgeführt. Daraus ergaben sich Konstruktionsänderungen, die plangemäß für beide Komponenten umgesetzt wurden.

Durch Gutachterorganisationen erfolgt sowohl die Überprüfung der sicherheits- und strahlenschutztechnischen Eignung von Transferbehälter, Bohrlochschleuse und Abschirmhaube als auch die Eignungsprüfung zum Einsatz in einem Bergwerk. Berücksichtigt werden dabei neben den bergbaulichen Vorschriften die Anforderungen der Strahlenschutzverordnung, die GRS-Stellungnahme Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen (Entwurf), die sicherheitstechnischen Leitlinien der RSK, das Kerntechnische Regelwerk (KTA) und die IAEA Regelwerke. Entsprechende Anfragen an Gutachterorganisationen wurden gestellt.

AP5:

Der Gusskörper für den internen Transferbehälter wurde im Juni 2007 erfolgreich gegossen. Der von der Industrie beizustellende BSK 3-Dummy wurde beschafft und wird zurzeit assembliert. Die Fertigung der Einlagerungsvorrichtung wurde begonnen sowie die Hauptzulieferteile dafür bestellt.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Erstellung eines Statusberichtes im Herbst 2008 für die EU-Kommission.
- Ausführungsplanung und Bau des Plateauwagens.
- Baus des Transferbehälters, der Einlagerungsvorrichtung und der Bohrschleuse.
- Begutachtung der Ausführungsplanung aller relevanten Komponenten.
- Ausschreibung, Vergabe und Aufnahme der Arbeiten zur Herrichtung des Versuchsortes.

5. Berichte, Veröffentlichungen

W. Bollingerfehr, W. Filbert:

Optimierung der Direkten Endlagerung ausgedienter Brennelemente durch Kokillenlagerung in Bohr-
löchern, atw 52. Jg. (2007) Heft 3 - März

Auftragnehmer: IfG Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Friederikenstraße 60, 04279 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 E 9874
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung der komplexen mechanischen und hydraulischen Eigenschaften von Tongesteinen unter besonderer Berücksichtigung der Foliation		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2004 bis 31.12.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 81.058,00 EUR	Projektleiter: Dr. Popp	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Tongesteine stellen aufgrund ihrer Barrierewirkung ein potenzielles Wirtsgestein für Endlagerkonzepte basierend auf einem dichten Einschluss dar. Aus Sicht der Langzeitsicherheit sind aber die vorliegenden Ergebnisse für Endlager in Ton- oder Tonformationen nicht ausreichend. Ziel des Vorhabens ist die Gewinnung hinreichender Laborparameter zur Entwicklung geeigneter Stoffgesetze, die über eine numerische Simulation des mechanischen und hydraulischen Verhaltens eine Vorhersage der ALZ für das umgebende Gebirge beim Betrieb eines Endlagers erlauben.

Unter Berücksichtigung der schichtgebundenen Gefügeanisotropie sollen richtungsabhängige gesteinsmechanische Parameter bestimmt werden. Die Untersuchungen umfassen sowohl Triaxialexperimente mit simultaner Bestimmung von Dilatanz und Messung von V_p und V_s , als auch die Bestimmung der Scherfestigkeit von Schichtflächen im direkten Scherexperiment unter Berücksichtigung von Porendruckeffekten.

Davon ausgehend können vorhandene Stoffansätze modifiziert und entsprechend der Problematik an Tongesteine angepasst werden.

Das Vorhaben wird im Rahmen des internationalen 6. EU-Rahmenprogramms (Key-Processes in the Near-Field) durchgeführt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Koordination der experimentellen Arbeiten und Probenahme.

AP2: Darstellung des aktuellen Kenntnisstandes zum gesteinsmechanischen Verhalten von Tongesteinen.

AP3: Mineralogisch-petrographische und gesteinsphysikalische Charakterisierung des vorliegenden Probenmaterials.

AP4: Umbau und Erweiterung der bestehenden Prüfeinrichtungen auf die Anforderungen von Tongesteinen.

AP5: Untersuchungen in der Triaxialapparatur bei erhöhten Manteldrücken.

AP6: Verformungsversuche im direkten Schergerät zur Bestimmung der Mohr-Coulomb Scherparameter.

AP7: Umsetzung der gebirgsmechanischen Parameter in Modellrechnungen.

AP8: Zusammenstellung der Ergebnisse und Berichtserstellung.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP7: Auf Basis der vorliegenden Scheruntersuchungen wurden die notwendigen Parameter zur Beschreibung der Schichtflächeneigenschaften mittels des neuen MINKLEY-Ansatzes abgeleitet. Er baut sich aus drei Termen auf, Gleitreibungsterm, Haftreibungsterm und Kohäsionsterm, und erlaubt so eine bessere Beschreibung der reduzierten Festigkeit von foliierten Tonsteinen in der Schichtung, im Vergleich zum sonst üblichen MOHR-COULOMB-Ansatz. Der neue Ansatz wurde durch die Nachrechnung von Laborversuchen validiert.

Ausgehend von einer kombinierten Beschreibung der Eigenschaften der Gesteinsmatrix (mittels des elasto-plastischen Stoffansatz von MINKLEY) sowie der Schichtflächen (mittels des neuen Schermodells) wurden mittels des Rechenprogramms UDEC für eine 2D-Geometrie einer Strecke im Opalinuston verschiedene Modell- und Parametervariationen für die im Felslabor Mont Terri angetroffenen geologischen Rahmenbedingungen untersucht.

Im Ergebnis wurde gezeigt, dass mit den hier gewählten Modellansätzen sich das in situ beobachtete Materialverhalten mit charakteristischen Riss- und Bruchstrukturen relativ gut beschreiben lässt, dass aber die Einbeziehung von Porendruckeffekten noch weitere experimentelle und Modellierungsarbeiten erfordert.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP7: Abschluss der Modellrechnungen mit verschiedenen Parametervariationen.

AP8: Mit der Erstellung des Abschlussberichtes für die NF-Pro-Aktivitäten ist begonnen worden. Darüber hinaus ist im Rahmen des EU-Projektes eine aktive Mitarbeit an der Erstellung des gemeinsamen Syntheseberichtes erforderlich.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9884
Vorhabensbezeichnung: Langzeitwechselwirkungen von Tonen und Zementen in Ton- und 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: 01.01.2004 bis 31.12.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 532.835,00 EUR	Projektleiter: Dr. Meyer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Verwendung von kompaktierten Bentoniten in Endlagern in Salz, Ton- und Granitformationen, mit und ohne Betonwiderlager, setzt die Kenntnisse der Wechselwirkungen mit zutretenden Lösungen voraus. Für Langzeitsicherheitsanalysen müssen die möglichen Veränderungen der Bentonite, die ihre Dichtwirkung beeinträchtigen können, quantifizierbar sein. In diesem Vorhaben sind Langzeituntersuchungen mit charakteristischen Lösungen aus Salz-, Ton- und Granitformationen sowie mit Betonkorrosionslösungen vorgesehen. Es werden die Entwicklung der Lösungszusammensetzung und des Mineralphasenbestandes auf dem Reaktionspfad betrachtet, sowie die zeitabhängige Veränderung der Dichtwirkung der reagierten Bentonite mittels Quelldruckmessungen bestimmt. Durch Vergleich der chemischen Umsetzungsprozesse mit den veränderten hydraulischen Eigenschaften der umgewandelten Materialien werden Aussagen über das Langzeitverhalten der untersuchten Materialien erhalten.

Die BENKOR-Arbeiten sind gleichzeitig auch integraler Bestandteil des NF-PRO-Vorhabens FIW-CT-2003-02389 „Understanding and physical and numerical modelling of the key processes in the near-field, and their coupling, for different host rocks and repository strategies. In NF-PRO finden sich die BENKOR-Arbeiten im RTD Component 2: “Chemical evolution of the EBS“ in den Arbeitspaketen WP 2.2: “Evolution of pore water chemistry and effect of salt in the bentonite buffer during saturation“ und WP 2.4: “Effects of concrete degradation (high salinity) on bentonite and geochemical condition in the near field“.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Untersuchungsprogramme von BENKOR und NF-PRO sind deckungsgleich. In den Experimenten werden ein Bentonit (MX-80) im Kontakt mit einer Bureton-Lösung, einer Granit-Lösung aus dem Versuchslabor Äspö sowie einer jungen Zementporenlösung mit einem hohen pH-Wert (pH 13) sowie zwei zementgebundene Materialien, mit zwei für die Deponierung in Salzformationen charakteristischen Lösungen untersucht. In Batchversuchen wird der Bentonit MX-80 mit den erwähnten Lösungen reagieren gelassen. Nach Zeitschritten von ein, zwei und drei Jahren wird der reagierte MX-80 gewaschen und auf $1,6 \text{ g/cm}^3$ kompaktiert und sein Quellvermögen ermittelt. Mittels chemischer Analysen sollen die langzeitlichen chemischen Umwandlungen betrachtet werden. Die experimentell erhaltenen chemischen Umwandlungen des MX-80 und der resultierenden Lösungen werden mit Hilfe des geochemischen Rechencodes EQ3/6 modelliert. BENKOR-AP1 entspricht dem NF-PRO WP 2.2. AP2 entspricht WP 2.4.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Versuche wurden wie geplant fortgeführt. Die Messungen an den 2-Jahresproben wurden abgeschlossen und ausgewertet. Eine zusammenfassende Darstellung aller bisherigen Ergebnisse wurde für den NF-PRO-Abschlussbericht fertig gestellt und ist im Internet auf der Homepage des NF-PRO-Projektes unter D2.2.4 and D2.4.1_Progress report 42 month_20-06-07 zu finden. Diese Ergebnisse wurden im Abschlusstreffen des RTDC2 am 29.06.2007 bei ENRESA in Madrid vorgestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass unterschiedliche Lösungen den Bentonit sehr unterschiedlich beeinflussen. Die auftretenden mineralogischen Veränderungen sind sehr ausgeprägt. Zwischen Batch- und Kompaktionsversuchen gibt es deutliche Unterschiede. Die Kompaktionsversuche mit den geringen Lösungsmengen im Porenraum widerspiegeln die Bedingungen in einem Endlager besser als die Batchversuche mit verhältnismäßig viel Lösung. Die Reaktionen in den Kompaktionsversuchen laufen, wie im Endlager, in einem geschlossenen System ab. Die führt zur Umwandlung der Montmorillonit in Kaolinit/Pyrophyllit. In den Batchversuchen geht die Umwandlung in Richtung steigender I/S-Wechselagerungen. Beide Umwandlungspfade führen jedoch zu einer Abnahme der Quellfähigkeit. Die beobachteten Veränderungen der Quelldrucke mit fortschreitender Reaktionszeit waren sehr klein. So klein, dass sie mit der bisherigen Vorgehensweise der diskontinuierlichen Quelldruckmessung nicht genau genug zu erfassen sind. Es haben sich deutliche Korrelationen zwischen Mineraländerungen und resultierenden Quelldrücken herausgestellt. Die Mineraländerungen sind am Ionenaustausch in den Zwischenschichten und an der Substitution von Mg durch Al in den Oktaederschichten besonders deutlich fest zu machen. Dadurch ändert sich die Schichtladung der Partikel. Die Schichtladung verändert sich über die Zeit zu geringeren Werten, ebenso wie die gemessenen Quelldrücke. Um diese Trends belastbarer demonstrieren zu können, wurden kontinuierliche Quelldruckmessungen ins Programm aufgenommen und Langzeitversuche mit den Lösungen NaCl, IP21 und Opalinuston-Lösung angesetzt. Diese Messungen, die inzwischen über 1 Jahr lang gelaufen sind, stellten sich als belastbarer heraus und bestätigen die Trends zu geringeren Quelldrücken über die Zeit.

Fest steht nun, wie und wie stark Bentonit von unterschiedlichen Lösungen im Beobachtungszeitraum umgewandelt wird. Was noch fehlt, ist die Ableitung einer belastbaren Kinetik für diese Prozesse, um Aussagen darüber treffen zu können, wie lange der Bentonit, die benötigten Eigenschaften behält.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Experimente werden im Juli 2007 mit der Probennahme und Analyse der 3-Jahresproben abgeschlossen. Im Dezember 2007 wird der Abschlussbericht vorgelegt. Die wesentlichsten Ergebnisse und Trends sind im Bericht „Progress report 42 month“ (s. Berichte, Veröffentlichungen) dargelegt. Es wird erwartet, dass die noch ausstehenden 3-Jahresproben diese Trends bestätigen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Herbert, H.-J., Kasbohm, J and Sprenger, H. (2007): Summary of GRS results in NF-PRO RTDC2, WP2.2 and WP2.4, Deliverables D2.2.4 and D2.4.1 – Progress report 42 month, Braunschweig, June 2007 – NF-PRO portal

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9894	
Vorhabensbezeichnung: Selbstdichtende Barrieren aus Ton/Mineral-Gemischen in einem Tonendlager – SB-Experiment im Mt. Terri Untertagelabor - Hauptprojekt			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2004 bis 31.12.2008		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.400.305,00 EUR		Projektleiter: Rothfuchs	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im SB-Experiment soll untersucht werden, ob sich Permeabilitäten von Ton/Mineral-Gemischen so optimieren lassen, dass der sich in einem abgeschlossenen Endlagerbereich einstellende Gasdruck bei kontrollierter Abströmung der Gase über das Verschlussystem stets kleiner als die kleinste Hauptspannung bleibt, so dass im Gebirge keine unkontrollierten Risse generiert werden.

Für die Optimierung der Verschlusskörper werden das Aufsättigungsverhalten, die sich einstellenden Quelldrücke, die Gasdurchbruchdrücke sowie die Gas- und Wasserpermeabilitäten von verschiedenen Ton/Mineral-Gemischen im Labor ermittelt. Im Technikum werden die geplanten In-situ-Einbautechniken und die Messtechnik überprüft. Im Untertagelabor Mont Terri werden in einem Versuchsfeld die in situ erreichbaren Einbaudichten, Wassersättigungen in Wechselwirkung mit dem umgebenden Gebirge, die resultierenden Quelldrücke sowie die Ein- und Zweiphasenflussparameter bestimmt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Abschließende Laboruntersuchungen zur Materialauswahl, Bestimmung von Materialparametern, Ermittlung geeigneter Einbautechniken für das Dichtmaterial sowie Auslegungs- und Modellrechnungen.

AP2: Technikums- und In-situ-Untersuchungen: Im Mt. Terri Untertagelabor werden in 4 bis 6 instrumentierten Bohrlöchern an den ausgewählten Ton/Mineral-Gemischen die Einbringtechnik, die Gas- und Wasserpermeabilitäten, die Gasdurchbruchdrücke im wassergesättigten Zustand und die Zweiphasenflussparameter in Wechselwirkung mit dem umgebenden Gebirge untersucht. Zum Test der Einbring- und Verdichtetechniken werden in einem Technikum in Braunschweig entsprechende Vorversuche durchgeführt.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: AP1 ist abgeschlossen.

AP2: Der Technikumsversuch 2 (Ton/Sand-Mischung 35/65) dauert zurzeit noch an. Die bisher eingepresste Menge an Pearson-Wasser beträgt ca. 27 l. Wie bereits im vorherigen Zwischenbericht angeführt, übersteigt diese Menge Wasser deutlich die sich aus der Berechnung der Porosität ergebenden Betrag. Dies lässt sich möglicherweise auf eine höhere Dichte des in den Tonzwischen-schichten eingelagerten Wassers im Vergleich zum freien Wasser zurückführen. Im oberen Bereich der Dichtung ist mittlerweile ein stärkerer Anstieg des Quelldrucks bei gleichzeitiger Angleichung der registrierten Messwerte festzustellen. Dies deutet darauf hin, dass mit einem baldigen Wasserdurchbruch zu rechnen ist. Die gemessenen Drücke betragen zurzeit 0,2 bzw. 0,17 MPa. Die mittlere Injektionsrate bei einem Injektionsdruck von 1,1 MPa liegt seit längerer Zeit bei ca. 16 ml/Tag.

Die Aufsättigung der In-situ-Versuche BSB1 (35/65 Ton-Sand, Dichtungslänge 1 m), BSB2 (35/65 Ton-Sand, Dichtungslänge 1 m), BSB13 (Nagra-Material, Dichtungslänge 0,5 m) und BSB15 (50/50 Ton-Sand, Dichtungslänge 0.5 m) dauern an.

In dem zuerst gestarteten Versuch BSB2 wurden bisher bei einem Injektionsdruck von 0,4 MPa 64 l Wasser injiziert. Die im oberen Bereich der Dichtung registrierten Quelldrücke betragen aktuell auf 0,15 und 0,19 MPa und steigen weiter leicht an. Die Injektionsrate beträgt ca. 65 ml/Tag. Bei der ebenfalls mit 35/65er Ton-Sand-Mischung bestückten Bohrung BSB1 wurden bei einem Injektionsdruck von 0,14 MPa seit Injektionsbeginn im November 2006 28 l Wasser eingebracht. Die Quelldrücke von 0,15 und 0,17 MPa zeigen einen relativ konstanten Verlauf und weisen etwa die gleichen Werte wie bei BSB2 auf.

Die Quelldrücke der Ton-Sand-Dichtung mit dem höheren Tonanteil (50/50) in der Bohrung BSB15 liegen bei einem Injektionsdruck von 0,14 MPa mit 0,14 bzw. 0,17 MPa in der gleichen Größenordnung wie diejenigen in den Dichtungen (35/65) in BSB1 und BSB2. Auch hier sind keine signifikanten Änderungen der Quelldruckwerte zu beobachten. Die bisher seit November 2006 injizierte Wassermenge beträgt hier 23 l. Die im westlichen Teil der Versuchsnische liegenden Bohrungen BSB1 und BSB15 zeigen seit Injektionsbeginn Umläufigkeiten, die auf eine vergleichsweise mindere Gebirgsqualität in diesem Nischenbereich hindeuten. Die Ausgangsleitungen der zugehörigen Versuchsanordnungen bleiben daher im Hinblick auf eine schnellere Aufsättigung der Dichtungen geschlossen. Das Verhalten wird weiter beobachtet.

Bei dem in der Bohrung BSB13 eingebauten Nagra-Material (gebrochene Tonpellets) nahmen die registrierten Quelldrücke im oberen Dichtungsbereich von Versuchsbeginn an kontinuierlich zu. Die aktuellen Werte betragen 1,4 und 1,5 MPa. Die bei einem Injektionsdruck von 0,41 MPa seit November 2006 eingepresste Wassermenge beträgt 13 l und die Injektionsrate liegt aktuell bei ca. 24 ml/Tag.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung des Technikumsversuchs 2 mit Wasserpermeabilitätsbestimmung nach Wasserdurchbruch und anschließender Ermittlung des Gasdurchbruchsdrucks
- Weiterführung der Aufsättigung der In-situ-Versuche und Ermittlung der Wasserpermeabilität nach Wasserdurchbruch

5. Berichte, Veröffentlichungen

Rothfuchs, T., Mieke, R., Jockwer, N., Zhang, C.-L., 2007: Selfsealing Barriers of Clay/Mineral Mixtures - The SB Project at the Mont Terri Rock Laboratory, Proc. 2nd Int. Conf. Mechanics of Unsaturated Soils, (ed. T. Schanz), Springer Proceedings in Physics 112, p.453-460.

Auftragnehmer: IfG Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Friederikenstraße 60, 04279 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 E 9904
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung des mechanischen Verhaltens von kompaktiertem Salzgrus im Kontakt mit dem Wirtsgestein		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2004 bis 31.12.2007		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtkosten des Vorhabens: 98.531,00 EUR		Projektleiter: Dr. Salzer

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Aus Sicht der Langzeitsicherheit sind die bisher vorliegenden Forschungsergebnisse zu hochkompaktiertem Salzgrus nicht ausreichend. Die Zielsetzung dieses Vorhabens besteht deshalb in einer Verbesserung der gesteinsmechanischen und hydraulischen Charakterisierung von Salzgrus, der bis in den Bereich niedriger Porositäten vorkompaktiert wurde.

Die dazu durch gesteinsmechanische Laborversuche zu gewinnenden gebirgsmechanischen und hydraulischen Parameter sind die Basis für die Entwicklung bzw. Anpassung eines geeigneten Stoffansatzes für hochkompaktierten Salzgrus und seine Kontaktflächeneigenschaften zur Modellierung des Langzeitverhaltens einer entsprechenden geotechnischen Barriere. Schwerpunktmäßig soll dabei die Entwicklung von Porosität, Permeabilität sowie die mechanische Festigkeit untersucht werden. Dazu gehört insbesondere auch der Einfluss einer Einwirkung von gesättigten Salzlösungen. Hierfür ist die Nutzung neuer Untersuchungsverfahren notwendig.

Mit den geplanten Untersuchungen werden die genannten Defizite abgebaut, so dass eine zuverlässige Prognose des Verhaltens dieses Materials möglich wird. Dies hat vor allem Konsequenzen für den Betrieb eines Endlagers.

Das Vorhaben wird im Rahmen des internationalen 6. EU-Rahmenprogramms (Key-Processes in the Near-Field) durchgeführt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Darstellung des aktuellen Kenntnisstandes zum Verhalten von hochkompaktierten Salzgrus.

AP2: Untersuchungen in der Triaxialapparatur bei erhöhtem Manteldruck.

AP3: Untersuchungen mit dem Schergerät zur Bestimmung der Scherparameter an Kontaktflächen zwischen Formsteinen aus hochkompaktiertem Salzgrus.

AP4: Untersuchungen mit dem Schergerät zur Bestimmung der Scherparameter an Kontaktflächen zwischen Formsteinen aus hochkompaktiertem Salzgrus und einer Steinsalzoberfläche.

AP5: Durchführung von Langzeit-Kriechversuchen mit verschiedenen Manteldrücken.

AP6: Umsetzung der gewonnenen Materialparameter in ein geeignetes Stoffmodell und Validierung durch Nachrechnung der Laborversuche.

AP7: Durchführung von Modellrechnungen zur Bewertung von Verfüllmaßnahmen.

AP8: Zusammenstellung der Ergebnisse und Berichterstellung.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP6: Umsetzung der gewonnenen Materialparameter in ein geeignetes Stoffmodell und Validierung durch Nachrechnung der Laborversuche.

Es wurden vier Stoffgesetze (ITASCA, HEIN, ZANG und SPIERS) zur Beschreibung des Kompaktionsverhaltens von Salzgrus untersucht und auf die Nachrechnung der durchgeführten hydrostatischen Langzeit-Kriechversuche angewendet.

Im Ergebnis der Untersuchungen kann geschlussfolgert werden, dass z. Z. das phänomenologisch begründete ZANG-Modell das geeignetste Stoffmodell zur Beschreibung des Kompaktionsverhaltens von hochkompaktierten Salzgrus darstellt, wobei eine Implementierung in einen kommerziell verfügbaren Rechencode erforderlich ist, um Prognoserechnungen für reale Untertagesituationen zu ermöglichen.

Der Vorteil des SPIERS-Modell besteht in seiner klaren physikalischen Begründung, allerdings sind weitere Entwicklungsarbeiten erforderlich, um eine zutreffende Beschreibung des Kompaktionsverhaltens von realem Salzgrus für Porositäten unter 3 % zu ermöglichen.

Für die verformungsabhängige Beschreibung des Kontaktflächenverhaltens wurde die Anpassung des MINKLEY-Scher-Modells an die Ergebnisse der Scherversuche abgeschlossen, die zur Beschreibung des Kontaktflächenverhaltens zwischen vorkompaktierten Salzgrusbriketts durchgeführt wurden. Das MINKLEY-Scher-Modell konnte bereits in die kommerziell verfügbaren Rechencodes UDEC und 3DEC implementiert werden.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP8: Zusammenstellung der Ergebnisse und Berichtserstellung. Im Rahmen des EU-Projektes ist außer der Erstellung des eigenen Abschlussberichtes eine aktive Mitarbeit an der Erstellung des gemeinsamen Syntheseberichtes erforderlich.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Salzer, K., Popp, T. & Böhnel, H. (2007): Investigation of the Mechanical Behavior of Precompacted Crushed Salt in Contact to the Host Rock. NF-PRO. Report on adaptation of material laws to laboratory results. D 3.5.6. Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig, 28. February, 2007

Salzer, K., Naumann, D. & Mühlbauer, J. (2007): Investigation of the Mechanical Behavior of Precompacted Crushed Salt in Contact to the Host Rock. NF-PRO. Report on adaptation of material laws to laboratory results - shear tests and shear model. D 3.5.6a. Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig, 15. May, 2007

Salzer, K., Popp, T. & Böhnel, H. (2007): Mechanical and permeability properties of highly precompacted granular salt bricks. In K.-H. Lux, W. Minkley, M. Wallner, & H.R. Hardy, Jr. (eds.), Basic and Applied Salt Mechanics; Proc. of the Sixth Conf. on the Mech. Behavior of Salt. Hannover 2007. Lisse: Francis & Taylor (Balkema). 239 – 248

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9914
Vorhabensbezeichnung: Goelektrische Untersuchung der Entsättigung des Opalinuston im Ventilationsversuch im Mt. Terri Untertagelabor Phase 2; Kurzzeitentwicklung der EDZ		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2004 bis 31.12.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 152.676,00 EUR	Projektleiter: Rothfuchs	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Seit Anfang 2003 wird in Mt. Terri ein Ventilationsversuch zur Ermittlung des Entsättigungsverhaltens des Opalinuston infolge der Bewetterung von Endlagerstrecken durchgeführt. Die nach dem Einbau von Streckenverschlüssen erfolgende Wiederaufsättigung ist für die Langzeit-Dichtwirkung des Verbundes Barriere/Gebirge von besonderem Interesse.

Zur Bearbeitung spezieller Fragen bzgl. der Charakterisierung und Kurzzeitentwicklung der EDZ soll der Versuch mit einer weiteren Ent- und Wiederaufsättigungsphase weitergeführt werden.

Folgende Fragestellungen sollen von den Projektpartnern im Rahmen des EU-Projektes NF-PRO bearbeitet werden:

- Bestimmung der effektiven hydraulischen Leitfähigkeit (Keff) in der EDZ,
- Abschätzung des Selbstheilungsprozesses infolge natürlicher Wiederaufsättigung,
- Bestimmung des Einflusses chemischer Änderungen infolge der Ventilation auf die hydraulisch-mechanischen Eigenschaften sowie
- Bestimmung der EDZ-Eigenschaften bzgl. Feuchtetransporteigenschaften und Vergleich mit entsprechenden Daten im ungestörten und natürlich geklüfteten Gebirge („main fault“).

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die GRS soll im Projekt folgende Arbeiten übernehmen:

- geoelektrische Messungen zur Ermittlung und Verfolgung der zeitlichen und räumlichen Entwicklung der Feuchteverteilung im Gebirge in den verschiedenen Ventilationsphasen
- unterstützende Untersuchungen an großkalibrigen Bohrkernen zur Quantifizierung der o. g. Effekte unter besonders gut kontrollierten Bedingungen im Labor.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Weiterführung der geoelektrischen Feldmessungen: Seit dem Ende der Ventilation (21.12.2006) wurde die Wiederaufsättigung des Gebirges beobachtet. Am Ende des Berichtszeitraumes war noch keine Vollsättigung in der Streckenrandzone erreicht, obwohl dies nach den vorliegenden Erfahrungen erwartet worden war. Die Messungen werden daher entgegen den ursprünglichen Planungen bei verminderter Auswertungsrate bis zum Projektende (31.12.2007) fortgesetzt.

Laboruntersuchungen: Wegen der Beschädigung der ersten Großprobe infolge eines Stromausfalls wurde ein zweiter Laborventilationsversuch an einem großen gelochten Opalinustonkern am 19.04.2007 gestartet. Dieser Prüfkörper hat einen Durchmesser von 260 mm und eine Länge von 465 mm. Entlang der Zentralachse wurde ein Bohrloch von 55 mm Durchmesser hergestellt. Ein Dilatometer mit vier Messstellen wurde im Bohrloch installiert, um die Bohrlochkonvergenz während der Ventilation mit unterschiedlichen Luftfeuchtigkeiten ohne mechanische Beanspruchung zu messen. Bislang wurde das Bohrloch mit drei Luftfeuchtigkeitsstufen von 96 %, 55 % und 90 % bewettert. Dabei wurde deutliche Konvergenz bei Befeuchtung und Divergenz bei Trocknung beobachtet. Zwei weitere Trocknungs- und Befeuchtungsphasen sind bis Ende September 2007 vorgesehen. Parallel zur Ventilation des Großkerns wurde die Änderung von Wassergehalt und Axialverformung auch an zwei kleinen Proben aus der Zentralbohrung gemessen. Bei Erhöhung der Luftfeuchtigkeit wurden sowohl eine Gewichtszunahme infolge einer Wasseraufnahme als auch eine Ausdehnung (Quellung) der Probe in axialer Richtung gemessen. Umgekehrt wurden Wasserabgabe und Axialschrumpfung bei niedriger Luftfeuchte beobachtet.

Zusätzlich wurden Versuche zur Bestimmung der Quellfähigkeit des Opalinustonstein durch Messungen von Quelldruck und Quellverformung an kleinen Proben durchgeführt. Bei einer maximalen relativen Luftfeuchtigkeit von 100 % über 6 Monate wurde eine deutliche Quellung der nicht eingespannten Probe von bis zu 12 % und ein hoher dem Gebirgsdruck in Mt. Terri entsprechender Quelldruck von 5,5 MPa gemessen.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung des Ventilationsversuchs am großen Opalinustonkern
- Beitrag zum NF-PRO Abschlussbericht und Erstellung eines Projektabschlussberichts

5. Berichte, Veröffentlichungen

Zhang, C.-L., Rothfuchs, T. (2007): Moisture Effects on Argillaceous Rocks. In: Proc. 2nd International Conference of Mechanics of Unsaturated Soils (ed. T. Schanz), Springer Proceedings in Physics 112, p. 319-326.

Zuwendungsempfänger: Universität Potsdam, Am Neuen Palais 10, 14469 Potsdam		Förderkennzeichen: 02 E 9924
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Migration von Actiniden im System Ton, Huminstoff, Aquifer - Spektroskopische Bestimmung von thermodynamischen und kinetischen Kenngrößen zur Beschreibung der Huminstoff-Metall-Komplexierung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2004 bis 31.10.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 211.563,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Löhmannsröben	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Erweiterung und Absicherung der thermodynamischen Datenbasis für Actiniden und der Einfluss der Kinetik stehen im Vordergrund des Forschungsvorhabens. Es werden die mechanistischen Aspekte der Wechselwirkung von Metallionen mit Huminstoffen sowie die Kinetik und Thermodynamik der Reaktionen durch zeitaufgelöste Lumineszenzspektroskopie untersucht. Dazu werden die konditionellen Stabilitätskonstanten bestimmt (AP1), Abstandsverteilungen von Metall-Bindungsstellen in Huminstoffen ermittelt (AP2), die Assoziationskinetik von HS untersucht (AP3) und die Konformationsdynamik von HS analysiert (AP4). Die zu erwartenden Ergebnisse des Forschungsvorhabens zielen auf eine Erweiterung der Methodik zum Langzeitsicherheitsnachweis für potenzielle Endlagerstätten. Daraus werden Beiträge für differenzierte Transportmodelle, die vor allem dem milieuabhängigen Verteilungsverhalten von Schwermetallspezies in DOC-haltigen Systemen Rechnung tragen, erhalten. Das Verständnis der zugrunde liegenden Teilprozesse ist eine elementare Voraussetzung für die verlässliche Modellierung konkreter Szenarien.

Das Projekt 02E9924 ist Teil des Verbundes „Migration von Actiniden im System Ton, Huminstoff, Aquifer“. Insbesondere mit den Projekten 02E9673, 02E9763, 02E9693 und 02E9683 bestehen thematische Verknüpfungen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Bestimmung von konditionellen Komplexbildungskonstanten und thermodynamischen Daten
- AP2: Ermittlung der mittleren Abstände r von Metallbindungsstellen in Huminstoffen
- AP3: Untersuchung der Kinetik der Huminstoff-Metall-Assoziation
- AP4: Konformationsdynamik in Huminstoff-Metall-Komplexen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: keine weiteren Arbeiten durchgeführt
- AP2: Untersuchung des intra- und intermolekularen Energietransfers zwischen Huminstoffen und Tb³⁺ (bzw. Eu³⁺) sowie zwischen an Huminstoffen gebundenen Tb³⁺ (bzw. Eu³⁺) und Nd³⁺ mittels stationärer und zeitaufgelöster Lumineszenzspektroskopie. In den Untersuchungen wurden Fulvin- und Huminsäurefraktionen verschiedener Referenzhuminstoffe sowie Modellhuminstoffe eingesetzt. Aus dem Interlanthanoid-Energietransfer wurden mittlere Abstandsverteilungen der Ln³⁺-Ionen bestimmt.
- AP3: Vergleichende Untersuchungen der Komplexierungskinetik von Lanthanoidionen durch Fulvin- und Huminsäuren unterschiedlicher Ursprungsorte (IHSS Referenzmaterialien) wurden mittels stopped-flow-Analyse durchgeführt. Generell zeigen sich zwischen Fulvin- und Huminsäuren unterschiedliche zeitliche Verläufe der Komplexbildung. Während Fulvinsäuren sehr schnell reagieren (< 1 ms = Zeitauflösung der Apparatur), zeigen Huminsäuren zusätzlich eine im Sekundenbereich ablaufende Kinetik.
- AP4: Die Messungen zur Kinetik und Konformationsdynamik vergleichend in D₂O und H₂O von Huminstoffen und Huminstoff-Metall-Komplexen werden z. Z. durchgeführt. Dazu wird die intrinsische Huminstofffluoreszenz mittels Einzelphotonenzählung zeitaufgelöst in An- und Abwesenheit von Metallionen gemessen. Aus der Kinetik werden die Zeitkonstanten des Fluoreszenzabklingens bestimmt und verglichen.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP2: Abschluss der Arbeiten zum Interlanthanid-Energietransfer.
- AP3: Abschluss der stopped-flow Untersuchungen zur Metallkomplexierung.
- AP4: Abschluss der kinetischen Untersuchungen zur Konformationsdynamik von Huminstoff-Metall-Komplexen.

Es wird der Abschlussbericht erstellt. In diesem Zusammenhang werden Manuskripte zur Veröffentlichung der wissenschaftlichen Ergebnisse in internationalen Journalen vorbereitet.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Bettina Marmodée, Joost de Klerk, Michael U. Kumke, Freek Ariese and Cees Gooijer: *Spectroscopic investigations of complexes between Eu(III) and aromatic carboxylic ligands*. J. Alloys Comp. (2007), DOI: 10.1016/j.jallcom.2007.04.150.

N. Kolokassidou, F. Luschtinetz, S. Eidner, M.U. Kumke, I. Pashalidis: *Effect of Metal Ion Complexation on Humic Acid Conformation*, Proceedings 2nd Annual Workshop FUNMIG, Stockholm, Schweden.

M.U. Kumke, S. Eidner: *Fluorescence and energy transfer processes of humic substances and related model compounds in terbium complexes* in: Humic substances: molecular details and applications in land and water conservation, E.A. Ghabbour and G. Davies (eds), Taylor and Francis, Inc., 2005, 131-152.

M.U. Kumke, S. Eidner, T. Krüger: *Fluorescence quenching and luminescence sensitisation in complexes of Tb(III) and Eu(III) with humic substances*, Environmental Science & TECHNOLOGY 39(24), 9528-9533 (2005).

Bettina Marmodée, Michael U. Kumke, Joost de Klerk, Freek Ariese and Cees Gooijer: *High-resolution lanthanide ion probe spectroscopy (HR-LIPS) of complexes between Eu(III) and humic substances*, J. Luminesc. (2006) submitted.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9934	
Vorhabensbezeichnung: Modellierung des großräumigen Schadstofftransports (Kurztitel: MOST)			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2004 bis 31.01.2008		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 816.300,00 EUR		Projektleiter: Dr. Fein	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit der Fertigstellung der in den Jahren 1995-2003 unter BMBF- bzw. BMWi-Förderung entwickelten Programmpakete d³f und r³t stehen Werkzeuge zur Verfügung, die es erlauben, Grundwasserbewegungen unter Berücksichtigung der Salinität und Schadstofftransporte unter dem Einfluss von Sorption, Löslichkeitsgrenzen und radioaktivem Zerfall für großräumige, hydrogeologisch komplexe Gebiete über lange Zeiträume zu berechnen.

Ziel dieses Projektes ist die umfassende Erprobung der Programmpakete mit allen enthaltenen Möglichkeiten der Modellierung und unter Ausschöpfung der Hard- und Softwaregrenzen. Damit soll das Vertrauen in die Modellierung von Dichteströmung und Radionuklidtransport erhöht werden.

Modelliert werden Strömungen mit und ohne Salzeinfluss und der Transport von natürlichen und anthropogenen Wasserinhaltsstoffen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Bei der Durchführung des Vorhabens sollen folgende Testfälle bearbeitet werden:

AS1: Transport von Chlorid und Kalium im Gebiet der Insel Langeoog

AS2: Transport von Radionukliden im Grundwassermessfeld Krauthausen

AS3: Transport von Uran, Nickel und Eisen im ehemaligen ostthüringischen Uranbergbaugebiet Ronneburg

AS4: Transport von Zink im Bereich Cape Cod, Massachusetts

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Inzwischen wurden die Arbeiten zum Testfall „Langeoog“ abgeschlossen. Dabei zeigte sich, dass die Modellierung von Brunnen nicht zu den erwarteten Ergebnissen führte. Das berechnete Upconing erfolgte zu schnell. Dieses wird auf die nicht berücksichtigte freie Wasseroberfläche zurückgeführt. In diesem Fall können sich keine Absenkungstrichter ausbilden, aus denen ein großer Teil der geförderten Wassermasse stammt. Bei Nichtberücksichtigung der freien Wasseroberfläche werden die entsprechenden Wassermengen aus dem unteren Bereich der Süßwasserlinse entnommen, was zum Nachfüllen mit Salzwasser und damit zum Upconing führt. Es wurde mit dem Abschlussbericht begonnen.

Die Modellierung des Zinktransports in Cape Cod, USA wurde abgeschlossen. Der zugehörige Teil des Abschlussberichtes wurde erstellt.

Mit den Daten des Instituts für Chemie und Dynamik der Geosphäre, Institut Agrosphäre des Forschungszentrums Jülich zur Beschreibung des hydraulischen Durchlässigkeitsfeldes für das Testfeld Krauthausen wurden sowohl eine zweidimensionale als auch eine dreidimensionale stochastische Modellierung mit einer bzw. mit drei hydrogeologischen Schichten durchgeführt. Die Strömungsmodellierungen sind abgeschlossen und mit den Transportmodellierungen für Uranin, Lithium und Bromid wurde begonnen.

Für den Testfall Borden wurde die Literatur gesichtet und mit dem Aufbau eines Strömungsmodells begonnen.

Die Erstellung des Abschlussberichtes wurde fortgesetzt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Am 5.3.2007 wurde im Rahmen einer kostenneutralen Vertragsverlängerung dem PTKA-WTE mitgeteilt, dass der Testfall „Ronneburg“ durch Arbeiten zum „Transport von organischen und anorganischen Tracern am Standort Borden, Ontario“ ersetzt wird. Ansonsten werden die Arbeiten entsprechend der im Antrag angegebenen Vorgehensweise fortgesetzt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Schneider, A.; Fein, E.: Modelling fresh water lenses and seawater intrusion using d^3f and r^3t . 1st SWIM-SWICA-Konferenz (First International Joint Salt Water Intrusion Conference), Cagliari, 24.-29. September 2006.

Fein, E.; Kröhn, K.-P.; Noseck, U.: pH-Dependent transport of Zinc at Cape Cod, Massachusetts. SIAM Conference on Mathematical and Computational Issues in the Geosciences, Santa Fe, New Mexico, 19.-22. März 2007.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9944
Vorhabensbezeichnung: Goelektrische Untersuchung der Aufsättigung von Bentonitbarrieren im HRL-Äspö-Projekt „Prototype Repository“ – Phase 2		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2004 bis 31.12.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 304.832,00 EUR	Projektleiter: Wieczorek	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen des von SKB durchgeführten Projektes "Prototype-Repository" wird die Endlagerung bestrahlter Brennelemente in vertikalen Bohrlöchern im Hartgestein durch elektrische Erhitzer simuliert. Die Versuchsstrecke und die Resthohlräume in den Einlagerungsbohrlöchern im Granit sind mit Ton-Splitt-Lockermaterial bzw. mit hoch kompaktierten Bentonit-Formteilen verfüllt. GRS überwacht in diesem Projekt seit 2001 den räumlichen und zeitlichen Verlauf der Aufsättigung der Bentonitbarrieren mit Hilfe geoelektrischer Widerstandsmessungen. Aus der Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstandes im Bereich verschiedener Elektrodenarrays wird die Wassergehaltsverteilung an Hand bereits durchgeführter Labormessungen ermittelt. Zur Absicherung der Ergebnisse und zur Erprobung neuer Auswerteverfahren soll ein Aufsättigungsversuch mit geoelektrischer Überwachung im Labormaßstab durchgeführt werden. Die experimentellen Messergebnisse stellen eine wichtige Datenbasis zur Überprüfung der numerischen Simulation des Aufsättigungsverhaltens von Tonbarrieren in Langzeitsicherheitsanalysen dar. Der Erfolg des Vorhabens wird durch die Qualität der bisher erzielten Ergebnisse abgesichert.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Die Messungen im Streckenversatz in Sektion I und II wurden weitergeführt. Der bisherige Trend (Resistivitätserniedrigung und Vergleichmäßigung durch Wasseraufnahme aus dem Gebirge) setzt sich weiterhin fort. In Sektion I ist die Resistivitätsverteilung inzwischen sehr homogen. Bei Werten unter $3 \Omega\text{m}$ (entspricht einem Wassergehalt von mindestens 22 %) ist nahezu Vollsättigung erreicht. Die Bereiche leicht erhöhter Resistivität verkleinern sich stetig. Im Zentrum von Sektion II ist die Resistivität noch etwas höher, entspricht aber mindestens 18 %. Auch hier verkleinert sich der zentrale Bereich erhöhter Resistivität weiter.

Bei den Messungen im Buffer ist wegen des Ausfalls mehrerer Elektroden Ende 2005 eine tomografische Auswertung der Messungen nicht mehr möglich. Die Gründe für den Elektrodenausfall sind unbekannt, möglicherweise handelt es sich um Korrosionseffekte. Eine Klärung wird erst im Rahmen von Nachuntersuchungen möglich; allerdings will SKB das Prototype Repository in der jetzigen Konfiguration noch bis Anfang 2009 weiterlaufen lassen.

Die Resistivitätsverteilungen entlang der Messketten im Gebirge ähneln einander sehr und ändern sich kaum. Die Gebirgsresistivität zeigt charakteristische Werte zwischen 2000 und 7000 Ωm (gesättigtes Gebirge). Allerdings deutet sich in der letzten Zeit eine Widerstandserhöhung entlang der Messkette nahe dem Lagerbohrloch 5 an. Hier ist die Resistivität entlang der Messkette teilweise auf Werte oberhalb 1200 Ωm gestiegen, was sich möglicherweise durch eine Austrocknung des Betons und des umgebenden Gebirges erklären lässt.

AP2: Zur Simulation der Versatzaufsättigung mit begleitender Geoelektrik wurde ein Versuch mit verdichtetem Versatz in einem mit Elektroden bestückten Plexiglasrohr durchgeführt. Der Versatz wurde von unten her mit Äspö-Wasser teilweise geflutet und die Resistivitätsverteilung vor und nach der Flutung gemessen. Die inhomogene Wasserverteilung wurde durch die Resistivität gut reproduziert. Ein weiterer Versuch mit dem vorhandenen Aufbau ist geplant.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1: Weiterführung der In-situ-Messungen

AP2: Weiterer Aufsättigungsversuch mit Äspö-Versatzmaterial

5. Berichte, Veröffentlichungen

Wieczorek, Klaus: Geoelectric Monitoring, in: Goudarzi, Reza, Johannesson, Lars-Erik: Äspö Hard Rock Laboratory – Prototype Repository – Sensors data report (Period 010917-061201), Report No:16, International Progress Report IPR-07-05, Svensk Kärnbränslehantering AB, 2007.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln	Förderkennzeichen: 02 E 9954
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: 01.11.2004 bis 31.07.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.422.492,00 EUR	Projektleiter: Dr. Noseck

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 und die Verwendung in einem Safety Case 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.
- Weiterentwicklung methodischer Vorgehensweisen in der Langzeitsicherheitsanalyse, wie zur Erstellung eines vollständigen Safety Case oder zur Verwendung geeigneter Sicherheits- und Performanceindikatoren.
- Auswertung neuer wissenschaftlicher Ergebnisse und Aufbereitung zur Verwendung in Instrumentarien für Langzeitsicherheitsanalysen.

TA 2: Bearbeitung von Schwerpunktthemen

- Untersuchung der Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf Prozesse in der Geosphäre und Biosphäre und Abschätzungen des Einflusses auf die Langzeitsicherheit potentieller deutscher Endlager.
- Untersuchung chemischer Effekte im Endlagernahbereich: Einbau neuer Modellansätze und Daten zu Quellterm und Löslichkeiten in das Nahfeldmodul und Überprüfung der Auswirkung bestehender Unsicherheiten auf Ergebnisse der Langzeitsicherheitsanalysen.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

TA 1:

- Teilnahme am jährlichen RWMC-Meeting und am Symposium zum Safety Case in Paris.
- Teilnahme an einem Vorbereitungstreffen für den Workshop zur NEA-Initiative INTESC (International Experience in developing Safety Cases) in Paris.
- Mitarbeit in der NEA-Arbeitsgruppe „Timing of high-level waste geological disposal“. Teilnahme am 4. Arbeitstreffen in Paris zur Fertigstellung des Berichtsentwurfs. Der Bericht soll nach interner Begutachtung bei der NEA Ende 2007 erscheinen.

- Teilnahme am zweiten Projekttreffen des Actinidenverbands in Dresden mit einem Vortrag zur Modellierung relevanter Prozesse in Langzeitsicherheitsanalysen.
- Durchführung eines Workshops in Berlin zum Thema „Gase im Endlager im Salz“.
- Weitere Auswertung zur methodischen Vorgehensweise bei einem Safety Case auch anhand der Kompilation der INTESC-Initiative und Anfertigung des Abschlussberichts.
- Durchführung von deterministischen Modellrechnungen und Ermittlung von Sicherheits- und Performanceindikatoren zur Prüfung ihrer Eignung für Endlager in Salzformationen.

TA 2:

- Weiterführung der Modellrechnungen zur Radionuklid Ausbreitung im Deckgebirge und der Entwicklung konzeptueller Modelle für die Biosphäre für unterschiedliche Klimazustände.
- Zur Modellierung chemischer Effekte im Nahbereich wurde die Erweiterung der Datenbasis für die Actiniden, Ni, Se, I und Ra abgeschlossen. Verifizierung der Datenbasis für die Actiniden anhand von Vergleichsrechnungen mit Ergebnissen des FZK-INE.
- Weiterentwicklung des Codes VIPER und erfolgreiche Überprüfung anhand von Testfall 1.1.2 der EBS-Task-Force. Teilnahme am 3. Meeting der EBS-Task-Force in Weimar mit Präsentation der Ergebnisse. Erstellung eines Paper-Entwurfs für Applied Clay Science.

4. Geplante Weiterarbeiten

TA 1:

- Teilnahme am jährlichen IGSC-Meeting und Workshop zur INTESC-Initiative in Paris.
- Teilnahme am dritten Projekttreffen des Actinidenverbands in Saarbrücken.
- Teilnahme am Workshop der Natural Analogue Working Group (NAWG) in München mit einem Übersichtsvortrag über deutsche Studien.
- Abschluss der Beschreibung aller Elemente eines Safety Case für ein HLW-Endlager in Steinsalz und Fertigstellung des Berichts.
- Durchführung deterministischer Modellrechnungen und Ermittlung von Sicherheits- und Performanceindikatoren zur Prüfung ihrer Eignung für Endlager in Tonformationen.
- Erarbeitung eines konzeptuellen Modells zur Berücksichtigung der Auflockerungszone im Rahmen eines Langzeitsicherheitsnachweises für ein Endlager im Tonstein.

TA 2:

- Abschluss der Arbeiten zur Entwicklung von Biosphärenmodellen und Anfertigung des Abschlussberichts zur Berücksichtigung der Auswirkung klimatischer Veränderungen in einer Langzeitsicherheitsanalyse für ein Endlager in Steinsalz.
- Durchführung einer Unsicherheitsanalyse für Radionuklidlöslichkeiten im Endlagernahbereich und Beginn der Rechnungen zur Auswirkung der Unsicherheiten chemischer Effekte in einer integrierten Langzeitsicherheitsanalyse für ein Endlager im Steinsalz.
- Teilnahme am Treffen der EBS Task Force in Stockholm und Workshop „Long-term performance of smectite clays“ in Lund. Beginn der Entwicklung einer 2D-Version von VIPER.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Noseck, U., Brewitz, W.; Müller-Lyda, I.: To what extent can natural analogues contribute to the safety case for a repository in rock salt? In: “Safety Cases for the Deep Disposal of Radioactive Waste – Where do we stand? OECD/NEA. Symposium Proceedings, Paris, 23.-25. January 2007.

Auftragnehmer: DBE TECHNOLOGY GmbH, Eschenstraße 55, 31224 Peine		Förderkennzeichen: 02 E 9965	
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Wirksamkeit des geologischen und geotechnischen Barrieresystems im Hinblick auf die Standortauswahl in magmatischen Gesteinen - WIBASTA			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten			
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2005 bis 31.05.2008		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 460.416,00 EUR		Projektleiter: Dr. Krone	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Ziel besteht darin, für ein HAW-Endlager im Granit ein klareres Verständnis über die Rolle der einzelnen Komponenten des geologischen und geotechnischen Barrieresystems im Hinblick auf den Nachweis der Endlagersicherheit, respektive der Standortbewertung, und damit über die an sie zu stellenden Anforderungen hinsichtlich des Isolationspotenzials zu erlangen. Mögliche Einschränkungen des Isolationspotenzials der geologischen Barriere werden maßgeblich durch die vorhandenen Kluftsysteme bestimmt, deren Charakterisierung folglich einen wesentlichen Teil der Standorterkundung ausmacht. Es soll geklärt werden, was die zusätzlichen technischen Barrieren leisten müssen, damit der Nachweis der Einhaltung der Schutzziele geführt werden kann, ohne die Standorteignung in Frage zu stellen.

Auf der Grundlage der durchgeführten Sicherheitsbetrachtungen soll analysiert werden, in welchem Maße die einzelnen Komponenten des Mehrbarrierensystems zum Nachweis bzw. zur Gewährleistung der Endlagersicherheit beitragen und wo für jede einzelne Barriere die praktischen Grenzen für das Isolationspotenzial liegen. Im Ergebnis dieser Auswertung sollen Schlussfolgerungen hinsichtlich der zweckmäßigerweise an die einzelnen Barrieren zu stellenden Anforderungen mit Blick auf die Standortauswahl abgeleitet werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Charakterisierung, Auslegung und Sicherheitsbewertung der technischen Barrieren

1. Projektmanagement
2. Untersuchungen zur Behälterkorrosion und der daraus resultierenden Gasbildung
3. Untersuchungen zu thermisch und Erdbeben-induzierten Scherverformungen
4. In-situ-Versuch zur Abdichtwirkung des Bentonits im geklüfteten Gestein
5. Berichtswesen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Bewertung des Einflusses potenziell thermisch-induzierter Gesteinsverschiebungen durch Einlagerung wärmeentwickelnder Abfälle geschieht durch rechnerische Ermittlung der maximal zulässigen Scherverformungen auf Klüften, bei der die plastischen Verformungen der technischen Barriere bestehend aus Bentonit, heat-spreader und austenitischem Stahlbehälter die zulässigen Werte nicht überschreiten darf. Ziel ist es, herauszufinden, in welcher Größenordnung thermisch induzierte Verschiebungen unter den lokal gegebenen Bedingungen überhaupt auftreten können. Vorangegangene Untersuchungen über Erdbeben-induzierte Verschiebungen haben gezeigt, dass von den angetroffenen Klufteinfallswinkeln (0° , 30° , 80°) die 30° Variante die größten Verformungen erzeugt, so dass für die thermischen Untersuchungen nur diese untersucht wurde.

Die Berechnungen wurden an einem fiktiven Endlager mit einer Ausdehnung von 750×750 m, durchzogen von einer großen Kluft mit dem Einfallswinkel von 30° , in einer Tiefe von 650 m durchgeführt. Für das Materialverhalten wurde das Hoek-Brown Gesetz verwendet, für das geeignete Parameter des Wirtsgesteins vorliegen. Anhand von 2D-Simulationen wurden zunächst die Parameter mit dem größten Einfluss auf das Verschiebungsergebnis identifiziert. In den zeitintensiveren 3D-Simulationen wurden diese dann in sinnvollen Grenzen variiert.

Die Berechnungsergebnisse zeigen deutlich, dass selbst bei der ungünstigsten Parameterkombination nicht mit einer thermisch induzierten Kluftverschiebung von mehr als 10 cm gerechnet werden muss. Diese Größenordnung stellt für das technische bzw. geotechnische Barriersystem keine Gefahr dar. Die Integrität der Barrieren bleibt erhalten.

4. Geplante Weiterarbeiten

Im Rahmen des geplanten Sicherheitsnachweiskonzeptes spielen die lokalen Gesteinscharakteristika und die Unsicherheiten einzelner Parameter eine bedeutende Rolle. Es ist daher geplant, petrographisch-mineralogische und struktur-petrophysikalische Laboruntersuchung bzgl. der Zusammensetzung, der metasomatischen Änderungen, der Deformationsumwandlungen und Eigenschaften des Wirtsgesteins, aufgeschlossen in den Erkundungsbohrungen E1, E2, E3 (je 100 m) im Bereich „Jenisseyskiy“, durchzuführen. Entsprechendes Kernmaterial wurde seitens der russischen Kollegen für die Untersuchungen zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus ist ein Vergleich der erhaltenen Daten mit den Materialien der Bereiche „Itatskiy“ (Bohrung 1I-500) und „Kamenniy“ (Bohrung 1K-700) des Nishnekansker granitoiden Massives in der Region GHK (Krasnoyarsker Gebiet) geplant.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9975
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Wirksamkeit des geologischen und geotechnischen Barrierensystems im Hinblick auf die Standortauswahl in magmatischen Gesteinen - WIBASTA		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2005 bis 31.05.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 433.264,00 EUR	Projektleiter: Dr. Fein	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Zielstellung des Vorhabens besteht in der Erlangung eines klareren Verständnisses über die Rolle der einzelnen Komponenten des geologischen und geotechnischen Barrierensystems für ein HAW-Endlager im Hartgestein. Dies soll im Hinblick auf den Nachweis der Endlager-sicherheit und damit auf die Anforderungen hinsichtlich des Isolationspotenzials geschehen.

Bei der Endlagerung im Hartgestein kann nicht von einem vollständigen Einschluss der Abfälle durch das Wirtsgestein ausgegangen werden. Mögliche Einschränkungen des Isolationspotenzials werden maßgeblich durch die vorhandenen Kluftsysteme bestimmt, deren Charakterisierung folglich einen wesentlichen Teil der Standorterkundung ausmacht. Durch die eingeschränkte Kenntnis über die vorliegenden Kluftsysteme stellt sich die Frage, was die zusätzlichen technischen Barrieren leisten müssen, damit der Nachweis der Einhaltung der Schutzziele geführt werden kann. Ferner ist zu klären, mit welchem Detaillierungsgrad und mit welchen Verfahren die Charakterisierung der geologischen Verhältnisse im Hartgestein zweckmäßigerweise betrieben werden sollte. Zur Untersuchung der Wechselwirkung zwischen beiden Aspekten ist die Durchführung integrierter Sicherheitsanalysen vorgesehen, die das gesamte Barrierensystem erfassen und die Auswirkungen von Parameteränderungen bewerten. Obwohl die Arbeiten weitgehend an Hand von Standortdaten, die von russischer Seite bereitgestellt werden, durchgeführt werden, sollen keine Aussagen zur Standorteignung abgeleitet werden.

Dieses Vorhaben wird gemeinsam mit der DBE TECHNOLOGY und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) durchgeführt. Im Folgenden wird nur das von der GRS untersuchte Arbeitspaket beschrieben.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP3: Bewertung der Wirksamkeit des gesamten Barrierensystems
 Erweiterung von Computerprogrammen
 Hydrogeologisches Modell für den Standort Jennisseiskij
 Deutsch-russische Benchmarks

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die im vorhergehenden Berichtszeitraum eingereichte Publikation mit dem Titel „Hydrogeological Modelling and Performance Assessment - Hydrogeological Groundwater Models for Site Selection and Site Exploration of Underground Repositories in Crystalline Rock“ für das IAH-SP-Volume „Hydrogeology of fractured rocks“ wurde abgeschlossen und vom Herausgeber akzeptiert. Das Buch ist seit dem Frühjahr 2007 verfügbar.

Das um die Modellierung von Radionuklidzerfallsketten erweiterte Programm Feflow wird zurzeit getestet. Hierbei werden die Ergebnisse einer Testrechnung des Programms r^3t mit denen von Feflow verglichen. Der Vergleich ist für Mutternuklide zufrieden stellend, während für ihre Töchter noch nicht erklärbare Abweichungen existieren.

Für die Ableitung einer Behälterausfallfunktion wurde ein Modell erstellt, welches die Flutung von Stollen und Einlagerungsbohrlöchern über eine Kluft simuliert. Die Zuflussrate wurde zunächst aus der schweizerischen Studie Gewähr übernommen.

Am 14. Februar und 16. April fanden Treffen mit der BGR und DBEtec statt. Auf diesen wurde die weitere Vorgehensweise besprochen. Kernthemen waren der Umgang mit den „Safety Functions“, die Datenlage und deren Belastbarkeit sowie die geplanten Modellrechnungen im Gebiet Jenisseiskij.

Die BGR hat aufgrund des geringen und z. T. widersprüchlichen Datenbestandes neu recherchiert, so dass seit Juni dieses Jahres neue Informationen vorliegen. Die Daten wurden inzwischen geprüft und mit den zuvor für das Gebiet Jenisseiskij sowie mit denen aus dem Vorgängerprojekt ASTER übergebenen Informationen verglichen. Eine Diskussion über Unstimmigkeiten zwischen den Daten und ihrer Verwendung für die Modellierung im Gebiet Jenisseiskij erfolgt am 19. Juli zusammen mit der BGR.

Am 22. Juni fand zwecks Absprache der weiteren Vorgehensweise in Bezug auf die Untersuchung der Bohrkerns ein Gespräch mit den Projektpartnern der BGR und DBEtec statt. Teilnehmer: Brewitz, Rotfuchs, Zhang, Jobmann, Hammer.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten werden entsprechend der im Antrag angegebenen Vorgehensweise fortgesetzt. Der Schwerpunkt liegt in der Durchführung einer Modellstudie im Gebiet Jenisseiskij. Welche Daten dieser zugrunde gelegt werden, ist Thema des nächsten Projektgesprächs mit der BGR am 19. Juli 2007.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Fahrenholz, C.; Brewitz, W.; Fein, E.; Schöniger, M.: Hydrogeologic Modelling with Regard to Site Selection for an Underground Repository in a Granite Formation in Krasnojarsk, Russia. In: IAH Selected Paper, volume 9: "Groundwater in Fractured Rock", Taylor and Francis, 2007.

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V., Bautzner Landstraße 128 (B6), 01328 Dresden		Förderkennzeichen: 02 E 9985
Vorhabensbezeichnung: Mobilisierung von Actiniden durch mikrobiell produzierte Liganden unter Berücksichtigung der Endlagerung von radioaktivem Abfall		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2005 bis 30.06.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 282.060,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Bernhard	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel dieses Vorhabens ist es, die Komplexierung von Uran, Curium und Neptunium mit von Pseudomonaden (z. B. *P. fluorescence* und *P. stutzeri* isoliert im Äspö HRL) freigesetzten natürlichen Bioliganden und mit relevanten Modellverbindungen aufzuklären. Es werden Aussagen zu Struktur und Bildung der Actinid-Bioligand Verbindungen erwartet. Die erhaltenen Daten dienen der Bewertung des Einflusses von Bioliganden, freigesetzt von Bodenbakterien, auf die Mobilität von Actiniden insbesondere aus radioaktiven Endlagern in Gesteinsformationen.

Teilziel 1 des Projektes ist die Isolierung und Charakterisierung der Bioliganden (an der Universität Göteborg, Arbeitsgruppe von Prof. K. Pedersen). Dies beinhaltet eine Trennung der Bioliganden in einzelne Fraktionen und im günstigsten Falle eine Substanzidentifizierung in den Fraktionen. Teilziel 2 ist die Aufklärung der Wechselwirkungen der Modellverbindungen mit Uran, Neptunium und Curium. Teilziel 3 umfasst die Charakterisierung der gebildeten Uran-, Neptunium- und Curium-Spezies mit den natürlichen Bioliganden bzw. Bioligandfraktionen.

Die Untersuchung der Komplexierung mit den Bioliganden und Modellverbindungen erfolgt mit Hilfe modernster spektroskopischer Methoden (Laserspektroskopische Verfahren, UV/Vis-, Infrarot- und Röntgenabsorptionsspektroskopie).

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Untersuchungsprogramm gliedert sich in die Arbeitsaufgaben:

- AP1: Isolierung, Fraktionierung und Charakterisierung der natürlichen Bioliganden die von Pseudomonaden (im Äspö HRL isoliert) gebildet wurden
- AP2-AP4: Wechselwirkung der ausgewählten Modellverbindungen (Salicylhydroxamsäure, Desferrioxamin B, 6-Hydroxychinolin, Peptidoglykan und Lipopolysaccharid u. a.) mit den Actiniden Uran(VI), Curium(III) und Neptunium(V)
- AP5-AP7: Studium der Wechselwirkung der natürlichen Bioliganden mit U(VI), Cm(III) und Np(V)
Bestimmung der Actinidenspeziation in der Lösung (rechnerisch, spektroskopisch) vor und nach der Wechselwirkung mit den Bioliganden bzw. Modellsystemen
Abhängigkeit der Speziation vom pH-Wert und der Ligandkonzentration

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Abschluss der fs-TRLFS und TRLFS Experimente zur Wechselwirkung der Bioligandfraktionen mit U(VI)
- Beginn von FTIR Untersuchungen zur Charakterisierung der Anbindung des U(VI) an die Pyoverdine
- Beginn der Untersuchungen mit Cm(III) und Peptidoglykan (PGN)

- Beginn der spektroskopischen Untersuchungen zur U(VI) und Cm(III) Speziation mit 2,3-Dihydroxynaphthalin (NAP) als neues Modell für Pyoverdin-Chromophor
 - Erste XAS-Strukturuntersuchungen der U(VI) Komplexe mit ausgewählten Modellen (SHA, BHA, BA, SA, DFB, LPS) an ROBL in Grenoble (Aufenthalt von M. Glorius), Auswertung in Bearbeitung
 - Besuch von Prof. Pedersen (Uni Göteborg) vom 10. bis 11.05.2007 im FZD: Absprachen zum Projekt und zu Publikationen
 - Besuch von M. Glorius bei der Arbeitsgruppe von Prof. Dolg, Universität zu Köln (28.-29.06.2007): Vortrag und Gespräche zur Zusammenarbeit
 - Fortsetzung Literaturstudium zu relevanten Bioliganden und deren Wechselwirkung mit Actiniden
- Ergebnisse, Teilziel 2 (AP2-AP4):

- Manuskript: *Complexation of uranium(VI) with aromatic acids such as hydroxamic and benzoic acid investigated by TRLFS* von M. Glorius et al. bei J Radioanal Nucl Chem eingereicht
- Cm(III) + PGN: TRLFS-Messungen bei konstanter [Cm(III)] (3×10^{-7} M) in Abhängigkeit vom pH-Wert (3.2 – 11.5) und [PGN] (0.1 – 20 mg/l PGN) durchgeführt; 2 Cm-PGN-Komplexe (Peakmaxima: 602.2 nm mit $t_1 \sim 230 \mu\text{s}$ und 604.8 nm mit $t_2 \sim 190 \mu\text{s}$) identifiziert
- Modell für U(VI)- und Cm(III)-Komplexierung mit LPS: Ligand enthält 2 Metall-komplexierende Gruppen [-COOH, -O-PO₂(OH)] mit einem Übergewicht an Phosphatgruppen; bei SPECFIT Berechnungen pKa1(COOH) = 4.8 (L1) und pKa2(-PO₃H) = 6.9 (L2) verwendet; U(VI): 2 Komplexe mit ($\log \beta_{M/L1/L2/H}$) $\log \beta_{1010} = 8.0 \pm 0.9$ und $\log \beta_{1020} = 13.6 \pm 1.0$ ermittelt; 2 Cm-Spezies identifiziert mit $\log \beta_{1111} = 20.4 \pm 0.7$ und $\log \beta_{1020} = 14.65 \pm 1.3$; Fluoreszenzlebensdauern und Einzelkomponentenspektren ermittelt
- Cm(III) + SHA: zwei Spezies charakterisiert; A) $\log \beta_{111} = 16.58 \pm 0.11$ Emissionsmaximum: 600 nm und 80 μs Fluoreszenzlebensdauer, B) $\log \beta_{121} = 24.05 \pm 0.75$ Emissionsmaximum: 608 nm und 200 μs Fluoreszenzlebensdauer (Einbeziehung der OH Gruppe); indirekte Anregung der Cm-Fluoreszenz durch Energietransfer über SHA

Ergebnisse, Teilziel 3 (AP5-AP7):

- Manuskript *Uranium(VI) Complexation with Pyoverdins Secreted by a Subsurface Strain of Pseudomonas fluorescens*. von H. Moll et al. eingereicht bei Geomicrobiology Journal
- Ergebnisse mit Cm(III): 3 Cm³⁺-*P. fluorescens* (CCUG 32456) Pyoverdin Spezies mit TRLFS identifiziert, CmH₂L⁺, CmHL, and CmL⁻, mit den Peakmaxima bei 601, 607, and 611 nm; relative große Stabilitätskonstanten von $\log \beta_{121} = 32.50 \pm 0.06$, $\log \beta_{111} = 27.40 \pm 0.11$ und $\log \beta_{101} = 19.30 \pm 0.17$ bestimmt (gute Bindungseigenschaften!); indirekter Anregungsmechanismus der Curium(III)-Fluoreszenz; Manuskript bei BioMetals eingereicht

4. Geplante Weiterarbeiten

- Fortführung der Literaturrecherche und deren Auswertung
- Fortsetzung der FTIR-Untersuchungen zur Charakterisierung der U(VI)-Anbindung an die Pyoverdin-Mischung
- Arbeiten zur weiteren Charakterisierung des Lipopolysaccharids (LPS) und Peptidoglykans (PGN) mittels Titrationen, Fortführung der Cm(III)- und Beginn der U(VI)-Komplexierungsuntersuchungen mit PGN
- Komplexierungsuntersuchungen mit Modellen: a) Cm(III) mit BHA, DFB und NAP, b) U(VI) und NAP mit unterschiedlichen spektroskopischen Techniken
- Fortsetzung der XAS Messungen zur Struktur der U(VI) Komplexe mit ausgewählten Modellen und Pyoverdinen an ROBL/ESRF
- Erstellung der Beiträge (2 Poster und 1 Vortrag) und Teilnahme an der internationalen Konferenz MIGRATION 2007 (26.8.-31.8.2007)
- Vorbereitung und Beginn der Np(V) Experimente mit den Modellen (SHA, DFB, NAP)

5. Berichte, Veröffentlichungen

H. Moll, G. Bernhard: *The complexation of curium(III) with L2-Aminobutyric acid investigated by Time-resolved Laser-induced Fluorescence Spectroscopy (TRLFS)*. J Radioanal Nucl Chem 274, 603-608 (2007)
 M. Glorius et al.: *Complexation of uranium(VI) with aromatic acids in aqueous solution – A comparison of hydroxamic acids and benzoic acid*. Radiochim Acta 95, 151-157 (2007).

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9995	
Vorhabensbezeichnung: Grundlegende Prozesse zum Radionuklidtransport im Fernfeld eines Endlagers im Salz – FUNMIG-RTDC-5			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten			
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2005 bis 31.05.2009		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 169.825,00 EUR		Projektleiter: Dr. Noseck	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen des Vorhabens soll das Verständnis zum geochemischen Verhalten von Schadstoffen in natürlichen Systemen und zum Einfluss von organischer Materie auf diese Prozesse erhöht werden. Schwerpunktmäßig soll das Verhalten organischer Materie und das geochemische Verhalten von Uran und anderen Spurenelementen unter Bedingungen, wie sie im Fernfeld von Endlagern in Salzformationen auftreten, charakterisiert und beschrieben werden.

Das Vorhaben baut auf den Ergebnissen des Projekts „Anwendung von Transportprogrammen auf die Nuklidmigration in natürlichen Gesteinsformationen mit Feldmessungen“ (FKZ 02E9551) auf und stellt den nationalen Beitrag zur Komponente RTDC-5 des integrierten EC-Projekts FUNMIG dar. Partner in dieser Komponente sind INE (Institut für Nukleare Entsorgung), NRI (Nuclear Research Institute), Czech Republic und University Helsinki, Finland.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Im ersten Arbeitsschritt sollen vom INE Kolloidmessungen am Standort Ruprechtov durchgeführt werden. Der Beitrag der GRS umfasst die Durchführung zeitgleicher Messungen des Eh- und pH-Werts mit einer In-situ-Sonde und Messungen der Grundwasserzusammensetzung in den entsprechenden Grundwassermessstellen am Standort Ruprechtov.

Im zweiten Arbeitsschritt soll mit modernen analytischen Methoden wie μ -XRF (INE) und U(IV)/U(VI)-Trennung (University Helsinki) der geochemische Zustand von Uran in natürlichen Sedimentproben vom Standort Ruprechtov mit einem hohen Urangehalt analysiert und charakterisiert werden. Der Beitrag der GRS besteht in der Identifikation und Verteilung geeigneter Proben und in der chemisch-mineralogischen Charakterisierung dieser Proben.

Der dritte Arbeitsschritt hat die Integration der Ergebnisse aus den beiden anderen Arbeitsschritten zusammen mit den bereits vorliegenden Daten zum Standort Ruprechtov zum Inhalt. Es soll eine möglichst genaue Beschreibung der Prozesse zum Verhalten von organischer Materie im Hinblick auf die Bildung von Huminkolloiden und auf das geochemische Verhalten

von Uran und anderen Spurenelementen in einem natürlichen System, das dem eines Deckgebirges über einem Salzstock ähnlich ist, erreicht werden. Als Task Leader des RTDCs ist GRS für die Koordination aller Arbeiten verantwortlich.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AS1: Zusammenstellung aller Daten zu den Kolloiduntersuchungen am Standort Ruprechtov und Granitstandorten mit Aussagen zur Kolloidstabilität unter verschiedenen geochemischen Randbedingungen.
- AS2: Zur weitergehenden Interpretation der Ergebnisse aus sequentieller Extraktion und U(IV)/U(VI)-Trennung wurden $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -Aktivitätsverhältnisse in den Extrakten der Schritte 1, 2, 4 und 5 aus zwei Proben mit den höchsten Urananreicherungen ermittelt. Für NA13 zeigt sich ein klares Bild, die hohen Isotopenverhältnisse (1,75-1,85) in den ersten beiden Fraktionen korrelieren mit den Werten für sechswertiges Uran. Die geringen $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -Aktivitätsverhältnisse in den uranreichsten Fraktionen 4 und 5 entsprechen mit 0,5-0,7 den Werten vierwertigen Urans.
Durchführung von μ -XRD-Untersuchungen von FZK-INE an Pyritoberflächen zum Nachweis von Arsenopyritschichten, die bei der Reduktion von Uran eine Rolle gespielt haben. Die Diffraktogramme zeigen keine Signale für Arsenopyrit oder Orpiment, sondern nur FeS_2 -Reflexe. Demnach sind die FeAsS -Körner sehr klein bzw. amorph.
- AS3: Weiterführung der Arbeiten zur Untersuchung der Umsetzung sedimentären organischen Kohlenstoffs (SOC). Die Grundwasserdaten zeigen tendenziell eine Abnahme der Konzentration von Sauerstoffdonoren wie NO_3 und SO_4 sowie steigende PO_4 -Gehalte, ein weiteres Indiz für eine mikrobielle SOC-Umsetzung. Die bisherigen Arbeiten zur Charakterisierung des SOC deuten darauf hin, dass die geringen DOC-Konzentrationen auf den geringen Anteil von Huminstoffen im SOC und seine geringe Verfügbarkeit zurückzuführen sind.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AS1: Dokumentation und Veröffentlichung der Ergebnisse.
- AS2: Durchführung der U(IV)/U(VI)-Trennung an weiteren Proben und Messung von Isotopenverhältnissen in den Extrakten weiterer Proben. Zusammenstellung aller Messungen zur Charakterisierung der immobilen Uranphasen und Diskussion von Szenarien zur Urananreicherung am Standort Ruprechtov.
- AS3: Messung der U(IV)/U(VI)-Verhältnisse in Grundwässern verschiedener Bohrlöcher des Ton-Lignit-Horizonts. Weiterführung der geochemischen und inversen Modellierung. Untersuchung der Komplexierung von Uran mit aus Ruprechtov-Proben extrahierten Huminstoffen. Integration aller Ergebnisse.
Durchführung eines Workshops in Prag zur Integration aller Ergebnisse.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Darmstadt, Karolinenplatz 5, 64289 Darmstadt		Förderkennzeichen: 02 E 10015
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zum Gastransport in der Auflockerungszone in einem geologischen Endlager in Tongestein		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2005 bis 31.07.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 500.312,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Hampe	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Untersuchung und Quantifizierung der transportrelevanten Parameter zur Beurteilung der Vorgänge in der Auflockerungszone nach deren Wiederaufsättigung und Gasbildung in den Einlagerungsräumen. Zu untersuchen ist, unter welchen Bedingungen Korrosions- und Degradationsgase das in den Rissen und Poren vorhandene Formationswasser verdrängen können, und ob sich dadurch wieder Wegsamkeiten bilden können.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Erstellung der detaillierten Versuchsmatrix und Festschreibung der Variationsbandbreiten der Untersuchungsparameter.
- Modifikation vorhandener Versuchseinrichtungen. Die aus vorlaufenden Projekten vorhandenen Versuchseinrichtungen müssen der geänderten Probengeometrie und den Versuchsbedingungen angepasst werden.
- Untersuchung der Riss- und Porengeometrie mittels unterschiedlicher Verfahren. Neben etablierten Verfahren sollen innovative Methoden zur Untersuchung der Porosität und der Porengeometrie eingesetzt werden.
- Durchführung der zentralen Experimente zum Durchlässigkeitsverhalten und Gastransport. In Abhängigkeit von Überlagerungsdruck, Gas- bzw. Flüssigkeitseintrittsdruck und Temperatur werden Änderung von Permeabilität, Fluiddurchbruch sowie Verdrängung von Flüssigkeit durch Gas untersucht.
- Auswertung, Bewertung und Dokumentation

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Fortführung der stationären und instationären Permeabilitätsmessungen an verschiedenen künstlich getrockneten und „bergfeuchten“ Tonproben. Die mit Gas gemessenen Permeabilitäten liegen bei den „bergfeuchten“ Proben um 2 - 3 Größenordnungen über den mit Formationswasser gemessenen. Bei den getrockneten Proben beträgt der Unterschied 3 - 4 Größenordnungen.
- Untersuchung des Einflusses von feuchtem Gas auf die Kompaktions- und Durchlässigkeitseigenschaften der Tonproben. Kein relevanter Unterschied zwischen „bergfeuchten“ und getrockneten Proben feststellbar. In beiden Fällen war infolge des Durchströmens mit feuchtem Gas (90 % r. F.) keine wesentliche Verringerung der Permeabilität festzustellen.
- Proben, die nach dem Durchströmen mit Formationswasser durch Erhöhung des Überlagerungsdruckes keine messbare Permeabilität mehr aufwiesen, wurden dann bei konstantem Überlagerungsdruck mit Gas beaufschlagt. Auch nach mehreren Tausend Stunden Versuchsdauer und Erhöhung des Probeneingangsdruckes auf ca. 90 % des Überlagerungsdruckes konnte bisher kein „Gasdurchbruch“ festgestellt werden.
- Das bisher für Untersuchungen an Salzproben verwendete Modell zur Bestimmung der zugänglichen Porosität aus instationären Messungen unter Annahme einer homogenen Porenstruktur führte bei den hier untersuchten Tonproben zu unbefriedigenden Übereinstimmungen zwischen Messung und Rechnung. Mit einer Literaturrecherche zu alternativen theoretischen Ansätzen wurde begonnen. Das Dusty-Gas-Modell zur Beschreibung von Diffusion und Permeation in porösen Medien wurde als eventuell geeignet identifiziert.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Fortführung der laufenden Untersuchungen zur Bestimmung der stationären Permeabilität.
- Fortführung der Untersuchungen zur Bestimmung der zugänglichen Porosität über instationäre Permeabilitätsmessungen und Vergleich mit den Simulationsrechnungen.
- Diffusionsmessungen zur Bestimmung binärer Diffusionskoeffizienten in Abhängigkeit vom absoluten Gasdruck.
- Weiterführung der Untersuchungen zum Gasdurchbruch nach Probenaufsättigung und Wiederbeaufschlagung mit Gas.
- Beginn der Durchlässigkeitsuntersuchungen bei Temperaturen von 90 °C
- Untersuchungen zum Einfluss der Anisotropie. Erste Messungen mit Proben, die senkrecht zur Schichtung erbohrt wurden.
- Literaturrecherche zu Zwei-Phasen-Strömungen in porösen Medien.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Gottfried Wilhelm Leibnitz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		Förderkennzeichen: 02 E 10025
Vorhabensbezeichnung: Stabilität von Organotonen als Anionen-Adsorber unter Endlagerbedingungen – Experiment und Modellierung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2005 bis 31.07.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 463.334,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Michel	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Als mögliche Anionen-Adsorber in geotechnischen Barrieren in Endlagern für radioaktive Abfälle haben sich bestimmte Organotone bereits als grundsätzlich geeignet erwiesen. Unter Laborbedingungen zeigten sie eine gute Sorptionsfähigkeit für Radioiod. Zum Nachweis von Funktion und Langzeitstabilität sollen die Organotone nun unter simulierten Endlagerbedingungen, d. h. erhöhter Temperatur, ionisierender Strahlung, Einfluss von Mikroorganismen und in Wechselwirkung mit gelöster organischer Substanz (DOM) geprüft werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Herstellung von Organotonen im Labormaßstab
- AP2: Exposition der Organotone (Temperatur, Strahlung, Mikroorganismen)
- AP3: Sorptionstests in Batchversuchen vor und nach der Exposition
- AP4: Strukturanalyse der Organotone in situ bei verschiedenen Temperaturen sowie vor und nach der Exposition
- AP5: Wechselwirkung der Organotone mit gelöster organischer Substanz
- AP6: Kennzeichnung des Einflusses der Verteilung organischer und anorganischer Kationen im Zwischenschichttraum auf die Sorptionseigenschaften
- AP7: Monte-Carlo Simulationen der Zwischenschichtstruktur der Organotone und der Sorptionsprozesse

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP2: Die Exposition der Organotone gegenüber erhöhten Temperaturen wurde weitergeführt: Mit HDPy bzw. BE belegter MX-80 Bentonit wurde bei Temperaturen von 110, 120, 130 °C im Trockenschrank aufbewahrt. Die entsprechende Behandlung von TPP-Bentonit wurde bei Temperaturen von 180, 200, 230, 260 und 290 °C durchgeführt. Zusätzlich wurden die Tone bei 160 °C für 3 Tage in einer Glovebox vorbehandelt, um den Einfluss von Sauerstoff bei den durch hohe Temperaturen verursachten Veränderungen zu klären. Für die Exposition gegenüber ionisierender Strahlung befinden sich für die Erreichung hoher Gesamtdosen weiterhin Organotone am Hahn-Meitner-Institut in Berlin und sind dort der Strahlung der Co-60-Quelle ausgesetzt.

AP3: Da eine Abhängigkeit zwischen der Höhe der Temperatur und der Behandlungsdauer besteht, dauert die Exposition für den „niedrigen“ Temperaturbereich noch an. Teilergebnisse aus Batchversuchen zur IodSORPTION zeigen bisher eine größere Temperaturempfindlichkeit von BE-Bentonit als dies bei HDPy- und dem neu ins Versuchsprogramm aufgenommenen HDTMA-Bentonit der Fall ist. Die beste Stabilität mit Hinsicht auf sein Sorptionsverhalten zeigt der TPP-Bentonit. Hier wirken sich erst Temperaturen zwischen 200 und 300 °C gravierend auf das Sorptionsvermögen des Tons aus. Unter Sauerstoffausschluss, d. h. in N₂- oder CO₂-Atmosphäre, wirkt sich eine Temperatur von 160 °C weniger stark auf die anschließend

untersuchte Iodadsorption der verschiedenen Organotone aus. Allerdings können Unterschiede in Abhängigkeit von der Schichtdicke festgestellt werden: Während eine dicht gepackte Probe des HDPy-Bentonits bei dieser Temperatur annähernd die gleiche Sorptionskapazität zeigte wie eine nicht mit Temperatur behandelte Probe, wies das gleiche Material, in einer flachen Schale exponiert, anschließend nur ein Drittel der ursprünglichen Sorptionsfähigkeit auf. Die Untersuchungen hierzu sind noch nicht abgeschlossen.

AP4: Mit der FTIR-Spektroskopie wurden strukturelle Änderungen der nach AP2 behandelten Tone untersucht. Insbesondere die C-H-Valenz- und C-H-Deformationsschwingungen wurden für die Kennzeichnung der durch Temperatur bedingten Veränderungen verwendet. Darüber hinaus konnte für HDPy-Bentonit bei Temperaturen über 140 °C eine neu entstehende Bande nachgewiesen werden, die auf Strukturänderungen im Organoton hinweist und Gegenstand laufender Untersuchungen ist. Auf Grund eines Garantiefalles bei der Heizkammer, konnte mit den „in situ“ FTIR-Messungen noch nicht begonnen werden. Mit Hilfe der Röntgenbeugungsanalyse wurden Zwischenschichtabstände von Mischbelegungen gemessen.

AP5: Gelöste organische Substanz aus Humusaufgaben unter Fichte und Buche sowie Schwarzwald wurde mit den Organotonen in Batchversuchen zur Reaktion gebracht und nachfolgend die Veränderung der Oberflächenladungseigenschaften sowie die Zusammensetzung der Gleichgewichtslösung untersucht. Durch die Wechselwirkung mit DOM kommt es zu einem deutlichen Rückgang der Oberflächenladung der Organotone, die nach ersten Ergebnissen auf die Adsorption von DOM zurückzuführen ist. Inwieweit auch organische Kationen desorbiert werden, ist Gegenstand laufender Untersuchungen.

AP6: Thermogravimetrische Untersuchungen an TPP-Montmorillonit wurden durchgeführt, um für AP7 erforderliche Angaben zum Wassergehalt der Zwischenschicht im Temperaturbereich bis 200 °C zu erhalten. Das Wasseraufnahmevermögen abgestuft belegter Organotone wurde nach der Wilhelmy-Plattenmethode gekennzeichnet. Für HDPy- und BE-Montmorillonit wurde im Bereich des Ladungsnullpunktes stark hydrophobe Effekte festgestellt (Kontaktwinkel $>90^\circ$), deren Relevanz für den Stofftransport mit Hilfe von Wasserdurchbruchskurven (Advektion) untersucht wird.

AP7: Die zur Zeit laufenden Monte-Carlo-Simulationen der TPP-Montmorillonit sollen die Abhängigkeit der Zwischenschichtstruktur und des Schichtabstandes des TPP-modifizierten Tonminerals vom Belegungsgrad aufklären. Mit Hilfe von quantenchemischen Methoden wurden die partiellen Ladungen und Strukturen der möglichen Folgeprodukte einer durch erhöhte Temperatur bzw. γ -Strahlungsdichte beschleunigten Reaktion berechnet, die zur Entstehung der C=O Doppelbindung in untersuchten HDPy-Bentoniten führt. Monte-Carlo-Simulationen der Montmorillonit mit diesen Folgeprodukten im Schichtzwischenraum werden vorbereitet. Eine Modellierung der Langzeitwirkung erhöhter Temperaturen wird zurzeit durchgeführt, die die Langzeitprognose der Temperaturbeständigkeit von Anionensorption der HDPy-, BE- und TPP-Bentoniten liefern wird.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung der Exposition gegenüber hohen Temperaturen und Gammastrahlung
- Weiterführung der Batchversuche mit exponierten Proben
- Vorbereitung der Versuche zum Einfluss von Mikroorganismen
- Untersuchung der thermischen Stabilität mit in situ FTIR-Spektroskopie
- Quantifizierung der Stoffumsetzungen bei der Wechselwirkung von DOM mit Organotonen
- Kennzeichnung des diffusiven Transportes in Organotonen mit FTIR-ATR-Spektroskopie

5. Berichte, Veröffentlichungen

Riebe, B., Bunnenberg, C. (2007): Influence of temperature pre-treatment and high-molar saline solutions on the adsorption capacity of organo-clay minerals. Physics and Chemistry of the Earth 32, 581-587. (zu: 02 E 9481)

Zuwendungsempfänger: Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München	Förderkennzeichen: 02 E 10035
Vorhabensbezeichnung: Wechselwirkungen von Actiniden mit Anorgano-Huminkolloiden	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten	
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2005 bis 30.06.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtkosten des Vorhabens: 389.880,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Türlér

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist die Erforschung der Bildung von aquatischen Kolloiden, wie Actinidionen darin inkorporiert werden und wie die kolloidgetragene Migration der Actinide ablaufen wird. Die Entstehung von aquatischen Kolloiden im Nahbereich eines Endlagers wird zwangsläufig von einer Wechselwirkung mit den im Grundwasser gelösten Actinidionen begleitet sein. Actinidhaltige Kolloide (Pseudokolloide von Actiniden genannt) die dabei erzeugt werden, können dann ungehindert mit dem Grundwasser migrieren. Angesichts der Tatsache, dass die kolloidgetragene Migration der Actinide der größte Unsicherheitsfaktor eines nuklearen Endlagers darstellt, ist eine genaue Analyse der Entstehungsprozesse von aquatischen Kolloiden sowie von Pseudokolloiden von Actiniden unerlässlich. Die Bildung dieser Kolloide beruht auf vielfältigen und komplizierten Reaktionsverläufen, die nicht direkt in natürlichen Systemen untersucht werden können, sondern nur an Einzelvorgängen und durch Simulationen in Laborsystemen schrittweise aufgeklärt werden können.

Dieses Vorhaben, das sich mit den Wechselwirkungen von Actiniden mit Anorgano-Huminkolloiden befasst, ist als eine Ergänzung zum Vorhaben 02E9763 zu sehen. Letzteres Projekt befasst sich hauptsächlich mit anorganischen aquatischen Kolloiden bzw. entsprechenden Pseudokolloiden von Actiniden. Das Forschungsprojekt wird in Kooperation und mit Unterstützung des Instituts für Nukleare Entsorgung des Forschungszentrums Karlsruhe (FZK-INE) durchgeführt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- (I): Untersuchung der Bedingungen für die Bildung und Stabilität von Huminkolloiden
- (II): Untersuchung der Wechselwirkungen von Actiniden mit Huminkolloiden
- (III): Untersuchung des Migrationsverhaltens von Actiniden in kolloidalem Zustand

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

The present report is a continuation of our study on the generation and characterisation of actinide pseudocolloids, in particular, the influence of humic acid on the formation of HAS-colloid borne actinides. For the better comprehension of the process, the following investigations focus firstly on the humic acid itself as far its colloidal properties are concerned and secondly on the interaction of humic acid Gohy-573 (HA) with thorium Th(IV) and americium Am(III).

In the first part of the work, the influence of pH, temperature and the concentration of humic acid itself on its partition between the precipitate, colloids and solution is investigated. The stability of the ¹⁴C-radiolabelled humic substances is tested by filtration and ultrafiltration combined with liquid scintillation counting and UV/Vis spectroscopy. In one sample series the HA concentration is kept constant at 6 ppm and the pH is varied from 4 to 9. A slightly elevated precipitate fraction is observed at pH<5 due to the beginning of the protonation of the HA functional groups leading to aggregation. In the neutral pH region, the fraction regarded as humic colloids after sample conditioning time of 35 days is found to reach approximately 75 - 80 %. At longer conditioning time, however, slightly elevated precipitate and ionic fractions are observed. In another sample series the pH is kept constant at 6.6 in 0.01 M MOPS buffer and the HA concentration is gradually increased from 0.6 to 10

ppm. A variation of the HA concentration has been found only negligible effect on the partition of HA. The impact of temperature on the stability of the HA is studied with solutions of 6 ppm HA at pH 7.8 (10^{-3} M MOPS buffer). Solutions are kept in water bath for 4 days storage at different temperatures up to 90 °C. The difference between UV/Vis absorption of HA solution stored at room temperature and the absorption of the HA solution stored at 90 °C is small but well reproducible. At 90 °C, the spectrum shows a slight change with increase towards shorter wavelengths. This indicates that the aggregation of HA occurs that induces the increase in the UV absorbing properties of HA. The fractionation tests demonstrate that HA colloids dissolve and precipitate at the same time. The result shows that rearrangement of HA takes place already at 40 °C. With increasing temperature the expected increase in conversion velocity is found.

In the second part of the work, stability of Th(IV) and Am(III) humate complexes are investigated using a competing ligand displacement method. The effects of initial Th : HA concentration ratio, predissociation equilibration time, and temperature on the rates of complex dissociation are studied. A separate experiment investigates the competition between Th and Am for generation of humate colloid-borne actinides. Solutions containing the metal humate complexes are spiked with appropriate amount of EDTA. The differentiation between colloid-borne metal species and the metal – EDTA complexes formed as a function of time is carried out by sequential filtration, first at 450 nm pore size (Sartorius) and then the resulting filtrate at about 1.5 nm nominal pore size (Centricon YM-10, Millipore). The dissociation kinetics and the apparent equilibrium of the exchange reactions are used for operational characterization of the kinetic stability of the metal species of interest. These experiments imply that although metals bind rapidly to humic acid, the aqueous-phase metal humate complex formation reaction is still proceeding over a long period of time (up to several years) which promotes formation of more stable complexes and retarded subsequent dissociation. In general, increasing pre-dissociation equilibration time decreased Th-HA complex dissociation rates. Increasing Th/HA ratio increased Th-HA dissociation rates. Overall results indicate that Th-humic acid binding strength increases with increasing temperature. The Th-Am competition experiment shows significant effect of Th in reducing Am-HA binding strength. Thus Am(III) is desorbed faster in presence of Th(IV). In contrast, desorption kinetics of Th(IV) complexed with HA does not change in presence of Am(III). The lability of the Am(III) humate complexes in the presence of Th(IV) is the result of successful competition of Th with Am for strong binding sites of the humic acid.

4. Geplante Weiterarbeiten

In the first experiment, we are going to test the stability of the complete structural incorporated Cm(III) and/or Am(III) into hydroxyl aluminosilicate (HAS) colloids towards dilution in water. Then in the second experiment, we are going to study the formation of the HAS-humate-colloid-borne Cm(III) ternary complex at the natural relevant concentrations of silicon, aluminium and humic acid.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Veröffentlichungen:

M.A. Kim, P.J. Panak, D.C. Breban, A. Priemyshev, J.I. Yun, A. Mansel, J.I. Kim: "Interaction of Actinides(III) with Aluminosilicate Colloids. Part IV. Influence of Humic Acid", *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 296 (2007) 206-215.

M.A. Kim, D.C. Breban, A. Priemyshev, A. Mansel, J.I. Kim: "Interaction of Actinides(IV) and Actinides(VI) with Aluminosilicate and Humic Colloids", *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, in preparation.

Dissertation:

D. Breban, "Provenance and Characterization of Aquatic Actinide Colloids: Nucleation of Aluminosilicate Colloids with Actinides", Fakultät für Chemie, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg (2007).

Konferenzen:

Abschlussworkshop zum Verbundprojekt: „Migration von Actiniden im System Ton, Huminstoff, Aquifer“, Mainz (2006): D.C. Breban, M.A. Kim, P.J. Panak, A. Priemyshev, A. Mansel, J.I. Yun, J.I. Kim, „Formation of Colloid-borne Actinides in Aluminosilicate-Humate Solutions“.

The 6th International Symposium on Advanced Environmental Monitoring, Heidelberg (2006):

J.I. Kim, M.A. Kim, J.I. Yun, P.J. Panak, "Aquatic Colloids: Provenance, Characterisation and Significance to Environmental Monitoring".

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln	Förderkennzeichen: 02 E 10045
Vorhabensbezeichnung: Beteiligung am Forschungsprogramm der ANDRA im Untertagelabor Bure	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten	
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2005 bis 30.09.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtkosten des Vorhabens: 828.660,00 EUR	Projektleiter: Rothfuchs

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Zur Vorbereitung der Errichtung eines Endlagers für radioaktive Abfälle in einer Tonsteinformation hat die französische Endlagerorganisation ANDRA im Sommer 2000 mit der Errichtung eines Untertagelabors in der Callovo-Oxfordian Tonsteinformation am Standort Meuse/Haute Marne im Pariser Becken begonnen. In diesem Untertagelabor wird seit Ende 2004 ein Forschungsprogramm durchgeführt, um Kenntnisse über die Tonsteinformation zu gewinnen und ihre Eignung als Wirtsgestein für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle nachzuweisen. Eine vorläufige Standortbewertung muss dem französischen Parlament bereits im Jahr 2006 vorgelegt werden.

Im Rahmen eines Kooperationsvertrages zwischen ANDRA/CEA und BMWi besteht die Möglichkeit, sich an diesem Forschungsprogramm zu beteiligen und eigenes Know-how zur Endlagerung gefährlicher Abfallstoffe in geologischen Tonformationen aufzubauen. Das Ziel der Beteiligung besteht in der Vertiefung des Verständnisses gekoppelter THM-Prozesse im konsolidierten Tonstein und der Verifizierung entsprechender konstitutiver Modelle. Hierzu werden numerische Simulationen von In-situ-Experimenten und Laboruntersuchungen zur Bereitstellung der in den Modellen verwendeten Materialparameter durchgeführt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: *Modellierung:* Zum besseren Verständnis der gekoppelten THM-Prozesse sowie zur Verifizierung der aktuell eingesetzten konstitutiven Modelle sind numerische Simulationen der Experimente REP und TER vorgesehen.

AP2: *Laboruntersuchungen:* Sie dienen der Charakterisierung des Tongesteins und der Ermittlung der in den konstitutiven Modellen verwendeten Materialparameter, mit deren Hilfe die *in situ* durchgeführten Experimente und Messungen verifiziert bzw. interpretiert werden. Folgende Untersuchungen sind vorgesehen: Ein- und dreiaxiale Kriechversuche, Quelldruckbestimmungen, Schädigungs- und Verheilungsverhalten, Fluidausbreitung

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Modellierung: Die Modellierung der Schachtabteufung mittels eines axialsymmetrischen Modells wird zurzeit durchgeführt. Wegen der komplizierten Abteufungschronologie ist diese Berechnung relativ aufwändig.

AP2: Laboruntersuchungen: Bei acht einaxialen Kriechversuchen wurden die Axialspannungen auf 8 bis 10 MPa erhöht. Um stationäres Kriechen zu erreichen, dauerte jede Belastungsstufe ca. 4 bis 8 Monate. Parallel hierzu wurde auch ein zusätzlicher Kriechversuch an einem Opalinustonkern unter mehrstufigen triaxialen Spannungen begonnen. Nach Konsolidierung bei einer hydrostatischen Spannung von 40 MPa über 10 Tage wurde die Kriechphase bei einer reduzierten Axialspannung von 15 MPa und einem Manteldruck von 12 MPa begonnen. Nach ca. 50 Tagen wurde stationäres Kriechen erreicht. Die gemessene Kriechrate liegt bei $1 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$. Außerdem wurden die Schrumpfung und die Quellung an zwei gesättigten Tonproben bei unterschiedlichen Luftfeuchtigkeiten von 23 % bis 100 % untersucht. Bei 23 % Luftfeuchtigkeit wurde eine begrenzte Volumenreduzierung bis zu 0,3 % über zwei Monate gemessen, während bei der anschließenden Befeuchtung bei einer maximalen Luftfeuchtigkeit von 100 % eine ständige Quellung von bis zu 8 % über acht Monate zu beobachten war.

Die zur Beschreibung des Callovo-Oxfordian-Auffahrungsrückstandes notwendigen Laborversuche wurden fortgeführt. Die Ende 2006 vorgenommenen HM-Gaspermeabilitätsmessungen in Abhängigkeit von der Druckspannung wurden nachausgewertet. Die sich hierbei ergebenden Gaspermeabilitäten liegen zwischen $1,48 \text{E-}14 \text{ m}^2$ (Porosität 48 %) und $2,06 \text{E-}15 \text{ m}^2$ (Porosität 18 %). Aus sechs durchgeführten Quellhebungsversuchen ließ sich ein Quellparameter ermitteln, der aber durch die Setzung des Materials überlagert wird. Eine genauere Bestimmung ist daher nur in Verbindung mit den z. Z. laufenden Aufsättigungsversuchen bei 80 % bis 100 % Luftfeuchtigkeit an mit 1 bis 25 MPa gepressten Tongruskörpern zu erwarten. Die Versuche zur Bestimmung der Wasserpermeabilität in Abhängigkeit von der Zeit und der Quellung an ungesättigtem Tongrus liefern einen gemittelten Wasserpermeabilitätsbereich von $1,9 \text{E-}11 \text{ m}^2$ (Porosität 53 %) bis $5,0 \text{E-}19 \text{ m}^2$ (Porosität 18 %). Das unverfestigte Material hat eine Anfangswasserpermeabilität von $3,5 \text{E-}10 \text{ m}^2$ und nach drei Tagen stellt sich ein Wert von $2,8 \text{E-}11 \text{ m}^2$ ein. Die bei 5 MPa verfestigte Tongrusprobe hat eine Anfangswasserpermeabilität von $3,6 \text{E-}11 \text{ m}^2$ (Porosität 53 %), wobei sich nach 7 Tagen eine durch Quellung bedingte Wasserpermeabilität von $7,3 \text{E-}12 \text{ m}^2$ (Porosität 18 %) ergab.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung der Modellierung des MODEX-REP Experiments
- Weiterführung der einaxialen Kriechversuche
- Untersuchung der Gaspermeabilität in Abhängigkeit von Schädigung und Kompaktion
- Beginn der triaxialen THM-Versuche
- Weiterführung der Bestimmung von Materialparametern des CO-Auffahrungsrückstandes sowie Beginn der Numerischen Simulationen zur Beschreibung des Tongrusverhaltens

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 10055
Vorhabensbezeichnung: Überprüfung und Bewertung des bereits verfügbaren Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HLW – Kurztitel: ISIBEL		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2005 bis 31.12.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 384.330,00 EUR	Projektleiter: Dr. Buhmann	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das verfügbare Instrumentarium für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für verglaste hochaktive Abfälle, abgebrannte Brennelemente und nennenswert Wärme entwickelnde Abfälle (HLW) wird überprüft und bewertet. Die Anforderungen an die einzusetzenden Instrumentarien werden katalogisiert. Der Katalog behandelt konzeptuelle Modelle, Szenarienanalyse, Bewertung der Wirksamkeit geologischer und technischer Barrieren (Integrität) sowie Bewertung möglicher Freisetzungen. Es wird geprüft, inwieweit adäquate Instrumentarien und Daten vorliegen und wie deren Anwendbarkeit auf der Grundlage vorliegender FuE-Ergebnisse zu bewerten ist. Schwerpunkte und Zielstellungen für ergänzende FuE-Arbeiten werden in Form einer Defizitanalyse formuliert.

Die gemeinsame Bearbeitung durch BGR, GRS und DBE TECHNOLOGY soll eine ausgewogene und vollständige Betrachtung aller Instrumentarien gewährleisten. Sofern erforderlich, sollen zu Einzelfragen weitere Forschungseinrichtungen hinzugezogen werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Erstellung eines Referenzkonzeptes
 - AP2: Bewertung der Betriebssicherheit
 - AP3: FEP-Generierung und Szenarientwicklung
 - AP4: Integritätsnachweis geologischer Barrieren
 - AP5: Nachweiskonzept zur Integrität der einschlusswirksamen technischen Barrieren
 - AP6: Ermittlung und Bewertung nicht auszuschließender Freisetzungsszenarien
 - AP7: Nachweiskonzepte für die Einhaltung der nicht radiologischen Schutzziele in der Nachbetriebsphase
 - AP8: Empfehlungen für zukünftig erforderliche FuE-Arbeiten
 - AP9: Projektleitung und Dokumentation
- GRS ist federführend für das Arbeitspaket 6. Dieses gliedert sich in die Unteraufgaben:
- AP6.0: Ermittlung der repräsentativen Freisetzungsszenarien
 - AP6.1: Konzept- und Modellentwicklung
 - AP6.2: Konsequenzenanalyse

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Allgemein: Projektgespräche am 19.01., 23.02., 22.03., 19.04., 30.05. und 27.06.2007

- AP1: - Kritische Durchsicht des Berichtes der BGR zum „Geologischen Referenzmodell für einen HAW-Endlagerstandort im Salz“
- AP3: - Erstellung einer FEP-Liste der GRS für die Entwicklung von Freisetzungsszenarien.
 - Erstellung einer gemeinsamen FEP-Liste auf Grundlage der FEP-Listen von BGR und GRS; intensive Diskussion bei der Zusammenführung der Listen mit der BGR und der DBE TECHNOLOGY (19.04., 30.05. und 27.06.)
- AP6.0: - Zusammenfassung der Ergebnisse für den Abschlussbericht AP6
- AP6.1: - Weiterentwicklung von Segmentmodellen für Lösungseinschlüsse
 - Zusammenfassung der Ergebnisse für den Abschlussbericht AP6
- AP6.2: - Vorstellung der Modellergebnisse bei den Projektpartnern (19.01.)
 - Modellrechnungen für die im AP6 ermittelten Freisetzungsszenarien und Vergleich mit der Normalentwicklung
 - Vergleich zwischen Freisetzungsszenarien mit Lösungseinschluss und Szenarien mit Versagen von Verschlussbauwerken. Bei Kombinationen von verschiedenen Szenarien (z. B. gemeinsames Versagen des Schachtverschlusses und der Streckenabdichtungen) kommt es zu Freisetzungen von Schadstoffen; Vergleich von verschiedenen Szenarienkombinationen an Hand von Indikatoren
 - Test von weiteren Indikatoren zum Vergleich der Auswirkungen der Szenarien. Bewertung neuer Indikatoren hinsichtlich des Arbeitsaufwandes bei der Auswertung von Modellrechnungen
 - Zusammenfassung der Ergebnisse für den Abschlussbericht AP6

4. Geplante Weiterarbeiten

Allgemein: Teilnahme an Projektgesprächen

- Fortführung der kritischen Durchsicht der Berichte von BGR und DBE TECHNOLOGY
- AP3: - Fortführung der Erstellung einer gemeinsamen FEP-Liste von BGR, DBE TECHNOLOGY und GRS
- AP6: - Fertigstellung des Berichtes zu AP6 nach Einarbeitung der Anmerkungen von BGR und DBE TECHNOLOGY

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: DBE TECHNOLOGY GmbH, Eschenstraße 55, 31224 Peine		Förderkennzeichen: 02 E 10065
Vorhabensbezeichnung: Überprüfung und Bewertung des bereits verfügbaren Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HLW – Kurztitel: ISIBEL		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2005 bis 31.12.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 662.528,00 EUR	Projektleiter: Dr. Krone	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das wesentliche Ziel des Vorhabens liegt in einer wissenschaftlich fundierten Überprüfung und Bewertung des erreichten Standes von Wissenschaft und Technik im Hinblick auf die Qualität und Vollständigkeit des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW in Salzformationen.

Auf der Grundlage der vorliegenden Kenntnisse sowie unter Heranziehen international bewährter Konzepte für Sicherheitsanalysen zu HAW-Endlagern wird zunächst ein Sicherheitsnachweis- und Referenzkonzept für ein HAW-Endlager entworfen. Dabei hat eine gesamtheitliche Betrachtung des Endlagersystems sowohl hinsichtlich seiner technischen Realisierbarkeit als auch bezüglich der Einhaltung der Sicherheitsanforderungen unter Einbeziehung aller seiner maßgeblichen Komponenten zu erfolgen.

Es sind Vorgaben zum geologischen Referenzmodell und zum Planungskonzept zu erarbeiten. Neben der Bewertung von Fragen der Betriebssicherheit ist vor allem die FEP-Generierung und damit das Gebiet Szenarienentwicklung wesentlich. Ergänzend zu den Aspekten, die die Erstellung eines Nachweiskonzeptes zur Integrität der geologischen und der technischen Barriere zum Gegenstand haben, ist im Hinblick auf die Langzeitsicherheit die Bewertung möglicher Freisetzungsszenarien von Bedeutung. Damit kann ein Forderungskatalog zu den erforderlichen Instrumentarien erstellt werden, an Hand dessen geprüft werden kann, inwieweit adäquate Instrumentarien bereits zur Verfügung stehen und wie deren Anwendbarkeit auf der Grundlage vorliegender FuE-Ergebnisse zu bewerten ist.

Im Ergebnis einer Defizitanalyse werden Schwerpunkte und Zielstellungen für zukünftige ergänzende FuE-Arbeiten formuliert, so dass eine systematische Ausrichtung zukünftiger FuE-Arbeiten auf die Erfordernisse der Endlagersicherheitsforschung abgebildet werden kann.

Das Vorhaben wird arbeitsteilig mit der BGR Hannover und der GRS Braunschweig abgewickelt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Erstellung eines Referenzkonzeptes

AP2: Bewertung der Betriebssicherheit

AP3: FEP-Generierung und Szenarienentwicklung - BGR

- AP3a: Erarbeitung einer umfassenden konsolidierten FEP-Zusammenstellung
- AP4: Integritätsnachweis geologischer Barrieren - BGR
- AP5: Nachweiskonzept zur Integrität der einschlusswirksamen technischen Barrieren
- AP6: Ermittlung und Bewertung nicht auszuschließender Freisetzungsszenarien - GRS
- AP7: Nachweiskonzepte für die Einhaltung der nicht-radiologischen Schutzziele in der Nachbetriebsphase
- AP8: Empfehlungen für zukünftig erforderliche FuE-Arbeiten
- AP9: Projektleitung und Dokumentation

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Die Arbeiten zur Erstellung des Referenzkonzeptes wurden abgeschlossen und in einem Berichtsentwurf zusammengefasst. Dazu zählen die Zusammenstellung eines repräsentativen Abfallinventars, die Beschreibung der erforderlichen Komponenten und Techniken zum Transport und zur Einlagerung der Endlagerbehälter sowie die konzeptionelle Auslegung eines Grubengebäudes und die Beschreibung von Funktionen, Anforderungen und technischem Konzept von technischen Barrieren. Das geologische Standortmodell für einen Referenzendlager wurde von BGR in einem separaten Bericht zusammengestellt.

AP2: Die Nachweiskonzepte zur betrieblichen und radiologischen Sicherheit eines Endlagers wurden zusammengestellt und überprüft. Der entsprechende AP- Bericht wurde im Entwurf erstellt.

AP3a (neu): Mit der Erarbeitung einer umfassenden konsolidierten FEP-Zusammenstellung wurde begonnen. Dazu wurde zunächst eine gemeinsame FEP-Liste aufbauend auf der NEA-Liste und ergänzt um die während der BGR- bzw. GRS-Arbeiten zu AP3 bzw. AP6 als relevant für die Szenarienentwicklung identifizierten FEPs erstellt. Die FEP-Beschreibungen wurden zum Teil neu erstellt bzw. überarbeitet und werden in Fachgesprächen diskutiert.

AP5: Die Arbeiten zum Integritätsnachweis für die technischen Barrieren wurden weitergeführt. Es wurden für die technischen Barrieren Behälter, Bohrlochverschluss und Versatz die funktionalen Anforderungen zusammengestellt, mit vorhandenen Designs abgeglichen und hinsichtlich vorhandener Nachweiskonzepte überprüft. Hinsichtlich des Bohrlochverschlusses besteht noch FuE-Bedarf. Um einen frühzeitigen Verschluss der Bohrlöcher zu gewährleisten, ist ggf. ein neues Design (bisher: Salzgrusstopfen) erforderlich.

AP7: Der AP-Bericht zu den Nachweiskonzepten zum Schutz der Tagesoberfläche und zum Grundwasserschutz wurde fertig gestellt.

AP8: Aufbauend auf den Ergebnissen zu AP5 wurde empfohlen, weiterführende Arbeiten zum Bohrlochverschluss durchzuführen. Diese sind eng mit Untersuchungen zum Kompaktionsverhalten von Salzgrus verknüpft.

AP9: Mit dem geplanten Review der bereits erstellten AP-Berichte wurde begonnen. Zu dem Bericht der BGR zu AP1.1 wurde bereits ein Review-Gespräch durchgeführt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Fortführung der Arbeiten ist in Übereinstimmung mit der Vorhabensplanung vorgesehen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 10075
Vorhabensbezeichnung: Thermodynamische Daten für Eisen(II) in hochsalinaren Lösungen bei Temperaturen bis 90 °C – Kurztitel: FeT90		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2005 bis 30.09.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 620.157,00 EUR	Projektleiter: Dr. Moog	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel ist die Ermittlung von thermodynamischen Daten, die die geochemische Modellierung der Eisen(II)-Chemie bei Temperaturen zwischen 25 und 90 °C ermöglichen.

Ein weiteres Ziel ist die Erweiterung des bestehenden Parametersatzes für basische Fe(II)-Lösungen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Literaturstudie
2. Dampfdruckmessungen
3. Löslichkeitsmessungen
4. Untersuchung fester Lösungen
5. Untersuchung metallischer Korrosionsprodukte in quinären, hochsalinaren Lösungen
6. Auswertung

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Dampfdruckmessungen:

Die Apparatur zur Durchführung isopiestic Messungen bei höheren Temperaturen wurde getestet. Dabei wurde festgestellt, dass sie noch nicht funktioniert. Momentan wird eine veränderte Apparatur aufgebaut, die die Probleme der vorherigen Apparatur ausschließen soll.

Literaturstudie:

Es wurde eine Literaturrecherche für Fe(II) im System der ozeanischen Salze und für basische Fe(II)-Systeme durchgeführt.

Löslichkeitsversuche:

Die Methode wurde anhand des Vergleichs der eigenen bestimmten Löslichkeitskonzentrationen mit publizierten Daten bei 45 und 50 °C am System Fe(II)-SO₄-H₂O getestet. Die Löslichkeit im System Fe(II)-SO₄-H₂O wurde mittlerweile von 45 - 58 °C ermittelt. (Unterhalb 45 °C waren keine eigenen Messungen notwendig, da hier genügend eng beieinander liegende Bestimmungen aus anderen Arbeiten liegen.)

Korrosionsversuche:

Die Versuche in hochsalinaren Lösungen wurden nochmals bei 25 und 90 °C angesetzt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Dampfdruckmessungen:

Validierung der neuen Apparatur anhand von Dampfdruckmessungen im System NaCl-H₂O; Ermittlung der Versuchsdauer anhand von Messungen im System MgSO₄-H₂O bei unterschiedlichen Temperaturen; Beginn der Messungen im System Fe(II)-Cl-H₂O.

Literaturstudie:

Auswertung der Literaturrecherche (ca. 60 neue Artikel) für Fe(II)SO₄ und Fe(II)Cl₂ im System der ozeanischen Salze.

Löslichkeitsversuche:

Weiterführung der Untersuchung des Systems Fe(II)-SO₄-H₂O bei höheren Temperaturen. Beginn der Untersuchung des Systems Fe(II)-Na-Cl-H₂O bzw. Fe(II)-Mg-Cl-H₂O bei höheren Temperaturen.

Korrosionsversuche:

Röntgendiffraktometrische Vermessung der bei 25 und 90°C entstandenen Korrosionsprodukte.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: DBE TECHNOLOGY GmbH, Eschenstraße 55, 31224 Peine		Förderkennzeichen: 02 E 10086
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Auswirkung einer Temperaturerhöhung in Tonformationen in Deutschland im Hinblick auf die bautechnische Machbarkeit eines Endlagers und irreversible Veränderungen der potenziellen Wirtsformation -TemTon-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2006 bis 31.07.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 820.158,00 EUR	Projektleiter: Jobmann	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Wesentliche Veränderungen einer potenziellen Endlagerformation entstehen durch die bergtechnische Auffahrung der untertägigen Hohlräume und durch die Einbringung einer großen Wärmemenge von den Wärme entwickelnden Abfällen. Die Wärme belastet die geotechnische Barriere, das Nahfeld bzw. den unterirdischen Einlagerungsbereich und das Fernfeld in der Umgebung des gesamten Endlagers. Es ist Ziel dieses Vorhabens, die Temperaturbelastung auf die drei genannten Bereiche im Zusammenhang mit dem Isolationspotenzial der Wirtsformation sowie mit der ingenieurtechnischen Realisierbarkeit der untertägigen Bohrlochlagerung zu charakterisieren. Aktuelle Untersuchungen in einem anderen Vorhaben (GENESIS) zeigen, dass Endlagerkonzepte für Tonstein-Formationen in Deutschland erreicht werden können, wenn man die Wärmeleitfähigkeit des Buffermaterials durch Zusatzstoffe erhöht. Dadurch wird die eingebrachte Wärme besser in die Tonformation abgeführt. Um diese Konzepte hinsichtlich ihrer Realisierbarkeit zu prüfen, sind entsprechende Materialuntersuchungen vorgesehen. Die eingebrachte Wärme bedingt auch permanente temperaturinduzierte Spannungsveränderung, deren Einfluss auf die Stabilität von Einlagerungsbohrlöchern analysiert werden soll. Bei organischen Bestandteilen führt eine Temperaturerhöhung zu einer Reifung im Hinblick auf eine Kohlenwasserstoffgenese. Die Reifung organischer Bestandteile hängt wesentlich davon ab, welchen Temperaturen die Substanz im Laufe ihrer Geschichte ausgesetzt war und wie lange die Temperaturen gewirkt haben. Die durch die eingebrachte Wärme künstlich hervorgerufene Reifung vorhandener organischer Substanz soll anhand von Modellberechnungen quantifiziert werden. Eine Temperaturerhöhung in einer Tonformation würde auch Umwandlungsreaktionen beschleunigen und damit den chemisch/mineralogischen Stoffbestand des Gesteins verändern. Es soll geprüft werden, ob in den aussichtsreichen Tonformationen in Deutschland Mineralassoziationen vorkommen, die nicht in einem langfristigen Gleichgewichtszustand auftreten können. Diese Daten sollen als Basis dienen, um abzuschätzen, mit welchen Veränderungen man durch den Temperaturimpuls rechnen muss.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Thermische Optimierung einer geotechnischen Barriere durch Zusatzstoffe
- AP2: THM-Gesteinsverhalten im Einlagerungsbereich / Bohrlochstabilität
- AP3: Veränderung organischer Bestandteile
- AP4: Veränderung anorganischer Bestandteile

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Zur Vorbereitung von Laborversuchen zur Untersuchung der thermischen Eigenschaften von Bentonit-Additiv-Gemischen wurden zunächst Kompaktionsversuche durchgeführt, um geeignete Kompaktionsdrücke zu identifizieren, mit deren Hilfe geeignete Materialdichten der Gemische erzielt werden können. Sowohl für die Einzelmaterialien als auch für verschiedene Gemische wurden geeignete Dichten bei einem Kompaktionsdruck von 150 MPa erzielt. Anschließend wurden die thermischen Eigenschaften verschiedener Einzelmaterialien (verschiedene Bentonit- und Graphitsorten) bestimmt, um die aus thermischer Sicht günstigsten Sorten für die späteren Gemische zu erhalten. Ca-Bentonit und grober Flockengraphit erwiesen sich dabei als beste Kombination.

AP2: Im Untertagelabor in Bure läuft der Erhitzerversuch „TER“. Dieser hat zum Ziel, das thermo-hydro-mechanische Verhalten des Callovo-Oxfordian Tonsteins bei einer maximalen Temperaturbelastung von 100 °C zu untersuchen. DBE TECHNOLOGY beteiligt sich an diesem Versuch durch Labormessungen an Bohrkernmaterial sowie einer versuchsbegleitenden numerischen Modellierung zur Analyse des Gesteinsverhaltens.

Der Versuch ist mit einer Vielzahl von Temperatursensoren bestückt, um das Temperaturfeld in seiner Entwicklung zu beobachten. Die Anzahl der Sensoren erlaubt eine Parameteridentifikation an der Methode der kleinsten Fehlerquadrate. Diese Methode wurde sowohl auf Basis analytischer als auch numerischer Simulationen durchgeführt. Zur zweidimensionalen Identifizierung wurden die Wärmeleitfähigkeit und die spezifische Wärmekapazität ausgewählt. Es zeigte sich, dass die Wärmeleitfähigkeit der bei weitem dominante Faktor ist. Für Leitfähigkeiten von 2,05 W m⁻¹K⁻¹ parallel zur Schichtung und 1,37 W m⁻¹K⁻¹ senkrecht zur Schichtung wurde die geringste Abweichung der Simulationsergebnisse von den Messwerten aller Sensoren erzielt.

AP3: Durchgeführt wurde eine Literaturrecherche zur Reifung organischer Bestandteile in der Umgebung von Plutonen. Als Kriterium für den Reifegrad wurde die Vitrinit-Reflexion verwendet. Es konnte eine Untersuchungsregion im Niedersächsischen Becken gefunden werden, in der Plutone und Veränderungen organischer Bestandteile in brauchbarer Form vorliegen.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1: Fortführung der Laboruntersuchungen zu Bentonit-Graphit-Mischungen

AP2: Fortführung der versuchsbegleitenden Modellierung der Erhitzerphasen im TER-Versuch in Bure zur Charakterisierung des thermo-hydro-mechanischen Verhaltens

AP3: Simulation der temperatur- und zeitbedingten Reifung organischen Materials in der Nähe von Plutonen zur Kalibrierung für eine simulierte künstliche Reifung durch Wärme entwickelnde Abfälle

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen		Förderkennzeichen: 02 E 10096
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Kolloidgetragener Radionuklidtransport in geklüfteten Gesteinen, Kurztitel: Kolorado		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2006 bis 30.04.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 447.400,00 EUR	Projektleiter: Dr. Geckeis	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Während der Kenntnisstand zur aquatischen Chemie der Radionuklide mittlerweile große Fortschritte gemacht hat, sind bei der Kolloidproblematik generell noch viele Fragen offen. Die Mechanismen der Kolloidentstehung in einem Endlager sind noch nicht ausreichend verstanden und der kolloidgetragene Radionuklidtransport in einem Endlager ist für ein bestimmtes Szenario derzeit schwer zu quantifizieren. Als eine relevante Kolloidquelle in vielen Endlagerkonzepten gilt die Bentonitbarriere. Je nach den geochemischen Gegebenheiten können kolloidale Tonpartikel aus ihr freigesetzt werden.

Hauptziel des Vorhabens ist es, ein verbessertes Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Radionuklid-Kolloid und Kolloid-Gesteinsoberflächen sowie der zugrunde liegenden Mechanismen unter naturnahen Bedingungen am Beispiel geklüfteter Granitsysteme zu erreichen. Auf dieser Basis soll die Relevanz des kolloidgetragenen Radionuklidtransports hinsichtlich der Langzeitsicherheit eines Endlagers in einer Hartgesteinsformation bewertet werden. Darüber hinaus werden generische Aussagen zur Kolloidrelevanz erarbeitet. Der Beitrag des INE, auf den sich der vorliegende Bericht bezieht, konzentriert sich auf experimentelle Arbeiten im Labor und in Untertagelabors sowie die begleitende Erstellung hydraulischer Modelle. Die Arbeiten der GRS fokussieren sich auf die Anwendung, Weiterentwicklung und Qualifizierung von Rechenprogrammen für die Langzeitsicherheitsanalyse. In dem vorliegenden Bericht werden die Arbeiten des INE beschrieben.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Experimentelle Arbeiten (INE)
- AP1.1: Laborprogramm zu Mechanismen der Kolloid-RN-Kluftmineral-Wechselwirkung
- AP1.2: In-situ-Experimente zur kolloidgetragenen RN-Migration
- AP2: Modellrechnungen zum kolloidgetragenen RN-Transport (GRS/INE)
- AP2.1: Parametrisierung von TRAPIC (GRS)
- AP2.2: Vorausberechnung für das CFM Experiment (GRS)
- AP2.3: Bewertung des kolloidgetragenen RN Transports (GRS)
- AP2.4: Modellrechnungen zum Standort Äspö (GRS)
- AP2.5: Simulation von Strömungs- und Transportvorgängen (INE)
- AP3: Integration und Abschlussdokumentation (Executive Summary) (GRS/INE)

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Im Berichtszeitraum wurden Experimente zur Stabilität von Tonkolloiden und zur Wechselwirkung von Modellkolloiden mit Gesteinsoberflächen durchgeführt. Beide Prozesse spielen eine wesentliche Rolle für die Bewertung der Kolloidmobilität in einer gegebenen geochemischen Umgebung.

Thema: Bentonitkolloidstabilität in Grundwasser: Die Arbeiten zur Koagulationskinetik speziell der Langzeitkinetik (> 3h) bei niedriger Ionenstärke (1-3 mM) von MgCl₂ und CaCl₂ Lösungen wurden weitergeführt. Zusätzlich ist der Einfluss von gelöster organischer Substanz (DOC) durch Zugabe von Fulvinsäure simuliert wor-

den. Dabei konnte gezeigt werden, dass die Kolloidstabilität als Funktion der DOC Konzentration signifikant ansteigt. Die in $MgCl_2$ und $CaCl_2$ Lösungen beobachtete unerwartete Abnahme der Kolloidstabilität bei $pH > 8$ wurde weiterführend untersucht. Um Ausfällung von $Ca/MgCO_3$ auszuschließen, wurden Experimente unter Ar -Atmosphäre (CO_2 -Ausschluss) durchgeführt. Die abnehmende Kolloidstabilität bei höheren pH -Werten änderte sich jedoch nicht. Untersuchungen der Tonkolloidagglomerate mittels REM, AFM sollen nun Aufschluss darüber geben, welcher Mechanismus für das beobachtete Verhalten verantwortlich ist.

Thema: Kolloidwechselwirkung mit Mineraloberflächen: Es wurden Sorptionsexperimente mit fluoreszenzmarkierten carboxylierten Polystyrolnanopartikeln und reinen Mineralphasen, aus denen sich der Grimselgranodiorit zusammensetzt, durchgeführt. Bei den betrachteten Mineralen handelte es sich um Quarz, Muskovit, Biotit, Orthoklas, Albit, Titanit und Apatit. Auf der Mineraloberfläche sorbierte Kolloide wurden mit der Fluoreszenzmikroskopie sichtbar gemacht. Insbesondere in Gegenwart von gelöstem $Eu(III)$ nimmt die Sorption der Kolloide, besonders im alkalischen pH -Bereich zu. Von allen betrachteten Mineralen findet Sorption bei $pH 10$ (ohne Zugabe von Eu^{3+}) nur auf Titanit statt, während bei Anwesenheit von Eu^{3+} eine Sorption auf sämtlichen Mineralen (mit Ausnahme von Quarz) nachgewiesen werden konnte. Begonnen wurden Experimente mit der AFM „colloidal probe technique“, um die Kräfte zwischen Kolloid- und Mineraloberfläche direkt zu messen. Die Messungen ergaben wie zu erwarten war, zunehmende Adhäsionskräfte mit abnehmendem pH ($pH=2$: 7,5 nN; $pH=6$: 3 nN). Die Messungen zeigten vergleichsweise starke Adhäsionskräfte von 13 nN in Gegenwart von 10^{-6} M Eu^{3+} ($pH=6$). Eine mögliche Erklärung für diese Beobachtung ist die Bildung von Kationenbrücken zwischen Mineraloberfläche und Polystyrolpartikel durch Eu^{3+} .

AP2.5: Die im Berichtszeitraum durchgeführten Modellrechnungen betrafen folgende Themen:

Simulation von zwei in situ durchgeführten Tracerversuchen (Runs: 07-01 und 07-02) in der Scherzone am CFM-Versuchsort. Ziel dieser Rechnungen war die genauere Kalibration der vorhandenen Hydraulischen- und Transportparameter. Bedingt durch die komplexe Geometrie der beiden Versuche wurden erweiterte 2D-Rechenmodelle hergestellt, bei denen die abgedichtete Versuchsstrecke explizit berücksichtigt wurde. Der Einfluss des hydrogeologischen Fernfelds auf die Rechenergebnisse wurde im Rahmen einer Parameterstudie untersucht. Darüber hinaus wurde mit dem ADINA-F Programm Transportrechnungen zu einem theoretischen Problem durchgeführt und die Rechenergebnisse mit den GRS Ergebnissen von Code D³f verglichen. Zusätzlich wurde ein Dipolversuch aus dem CRR Experiment zur weiteren Vergleichsrechnung modelliert.

AP3: Integration: Am 22.-23.03.2007 fand das 2. Koordinationstreffen KOLLORADO im INE, Karlsruhe statt. Es wurde der Stand der GRS und INE Arbeiten dargestellt und gemeinsame Arbeiten koordiniert. Insbesondere wurden Randbedingungen für weitere Modellrechnungen vereinbart und Experimente besprochen, mit denen für die Modellierung notwendige Daten generiert werden.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1: Der Aufbau für Kolloidgenerationsexperimente mit kompaktiertem Bentonit ist fertig gestellt. Bohrkerne mit natürlichem Kluftmaterial aus dem Grimsel Felslabor sind konditioniert und Kolloid-Migrationsexperimente sind in Vorbereitung. Experimente mit der AFM - ‚colloidal probe‘ Technik werden fortgesetzt und insbesondere an Mineraloberflächen mit Ladungsheterogenitäten durchgeführt.

AP2.5: Die Rechenergebnisse der Parameterstudie werden zurzeit ausgewertet und sollen auf dem nächsten, für Anfang November geplanten CFM-Workshop mit den anderen Partnern diskutiert werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

D. Breban, H. Seher, A. Filby, J. Rothe, K. Dardenne, M. A. Denecke, M.A. Kim, J.I. Kim, P.J. Panak, M. Bouby, H. Geckeis, Th. Schäfer: Colloid formation and stability in Institute for Nuclear waste disposal – Annual report 2006, in print

H. Seher, T. Schäfer, P. Kunze, M. Bouby, W. Hauser, P. Panak, H. Geckeis, Th. Fanghänel: Febex bentonite colloid stability and radionuclide speciation in the groundwater/porewater mixing zone, submitted to MIGRATION 2007

A. Filby, M. Plaschke, H. Geckeis, Th. Fanghänel: Interaction of carboxylated latex colloids with mineral surfaces, submitted to MIGRATION 2007

U. Noseck, S. Keesmann, H. Geckeis, P. Kunze, T. Schäfer, H. Seher: Impact of kinetic effects on colloid facilitated radionuclide transport at Grimsel, submitted to MIGRATION 2007

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 10106	
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Kolloidgetragener Radionuklidtransport in geklüfteten Gesteinen, Kurztitel: Kolorado			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2006 bis 30.04.2009		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 271.750,00 EUR		Projektleiter: Dr. Noseck	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Während der Kenntnisstand zur aquatischen Chemie der Radionuklide mittlerweile große Fortschritte gemacht hat, sind bei der Kolloidproblematik generell noch viele Fragen offen. Die Mechanismen der Kolloidentstehung in einem Endlager sind noch nicht ausreichend verstanden und der kolloidgetragene Radionuklidtransport in einem Endlagersystem ist für ein bestimmtes Szenario derzeit schwer zu quantifizieren. Die Bentonitbarriere gilt in vielen Endlagerkonzepten als eine relevante Kolloidquelle. Je nach den geochemischen Gegebenheiten können kolloidale Tonpartikel aus dem Bentonit freigesetzt werden.

Hauptziel des Vorhabens ist es, ein verbessertes Verständnis der Wechselwirkung zwischen Radionuklid-Kolloid und Kolloid-Gesteinsoberflächen sowie der zugrunde liegenden Mechanismen unter naturnahen Bedingungen am Beispiel geklüfteter Granitsysteme zu erreichen. Auf dieser Basis soll die Relevanz des kolloidgetragenen Radionuklidtransports hinsichtlich der Langzeitsicherheit eines Endlagers in einer Hartgesteinsformation bewertet werden. Darüber hinaus werden generische Aussagen zur Kolloidrelevanz erarbeitet. Der Beitrag des INE konzentriert sich auf experimentelle Arbeiten im Labor und in Untertagelabors sowie die begleitende Erstellung hydraulischer Modelle. Die Arbeiten der GRS fokussieren sich auf die Anwendung, Weiterentwicklung und Qualifizierung von Rechenprogrammen für die Langzeitsicherheitsanalyse. Im vorliegenden Bericht werden die Arbeiten der GRS beschrieben.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Experimentelle Arbeiten (INE)
- AP1.1: Laborprogramm zu Mechanismen der Kolloid-RN-Kluftmineral-Wechselwirkung
- AP1.2: In-situ-Experimente zur kolloidgetragenen RN-Migration
- AP2: Modellrechnungen zum kolloidgetragenen RN-Transport (GRS/INE)
- AP2.1: Parametrisierung von TRAPIC (GRS)
- AP2.2: Vorausberechnung für das CFM Experiment (GRS)

- AP2.3: Bewertung des kolloidgetragenen RN Transports (GRS)
- AP2.4: Modellrechnungen zum Standort Äspö (GRS)
- AP2.5: Simulation von Strömungs- und Transportvorgängen (INE)
- AP3: Integration und Abschlussdokumentation (Executive Summary) (GRS/INE)

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP2: Vorbereitung der TRAPIC-Rechnungen zum Transport von Uran und Cäsium in Säulenexperimenten mit variablen Transportzeiten.
 Vergleichsrechnungen von d^3f und r^3t mit ADINA zu zwei Testfällen mit einfachen 2D-Strömungsfeldern (Dipol angelehnt an CRR-Experiment). Die ersten Ergebnisse zeigen eine generelle Übereinstimmung der Ergebnisse beider Programme. Zur Erklärung kleinerer Abweichungen werden noch Zeit- und Ortsdiskretisierung überprüft. Die Relevanz der verwendeten Einstromrandbedingung wurde im Detail untersucht.
 Diskussion der Experimente zum Radionuklidtransport im Untertagelabor Äspö. Die Modellrechnungen mit CHETMAD sollen für den Transport von idealem Tracer und Americium in Kern #5, der eine relative einfache Kluftgeometrie aufweist, durchgeführt werden.
 Implementation der Ansätze zum kolloidgetragenen Schadstofftransport mit kinetisch gesteuerter Sorption in das Rechenprogramm r^3t .
- AP3: Auf einem Arbeitstreffen in Karlsruhe mit Teilnehmern von INE und GRS wurden die bisherigen Ergebnisse vorgestellt und die weitere Vorgehensweise abgestimmt.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP2: Weiterführung der Modellrechnungen zum kolloidgetragenen Radionuklidtransport von Uran und Cäsium. Ableitung aktualisierter Sorptionsparameter aus den neuen Batch-Experimenten, die von FZK-INE durchgeführt wurden, und Anpassung der Transportrechnungen.
 Durchführung der Simulationsrechnungen für idealen Tracer und Americium an Kern #5 des Untertagelabors Äspö.
 Fertigstellung des Rechenprogramms r^3t-col und Durchführung von Testrechnungen mit TRAPIC zur Überprüfung der neu implementierten Prozesse.
 Durchführung von Strömungsrechnungen für die GRIMSEL-Kluft, die für das CFM-Experiment vorgesehen ist, unter Verwendung eines komplexen 2D-Modellgebiets. Simulation des kolloidgetragenen Transports mit r^3t-col für die aus dem CFM-Projekt vorgegebenen Randbedingungen für ausgewählte Radionuklide als Voraussage für ein CFM-Experiment, das Anfang 2008 beginnen soll.
- AP3: Das nächste Projekttreffen GRS/INE soll im Dezember in Braunschweig stattfinden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 10116
Vorhabensbezeichnung: Barriereintegrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in Tonformationen (BET)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2006 bis 30.06.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 709.575,00 EUR	Projektleiter: Dr. Miehe	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Vorhaben BET soll der grundsätzliche Mechanismus der Gasausbreitung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich eines ungestörten konsolidierten Tonsteins geklärt und die infolge höherer Gasdrücke zu erwartenden signifikanten Änderungen der hydraulischen Eigenschaften (Gaseintrittsdruck, effektive Permeabilität) quantifiziert werden. Im Hinblick auf die Ableitung relevanter Prozessmodelle soll der Frage nachgegangen werden, ob der Gaseintritt ins Gebirge vorrangig dilatanzgesteuert, d. h. durch Aufweitung des vorhandenen Porensystems mit einhergehender Erhöhung der Permeabilität oder durch die Bildung neuer diskreter Risse infolge des Überschreitens der minimalen Hauptspannung (Frac) stattfindet. Für die Belange der Langzeitsicherheit des Endlagers soll darüber hinaus geklärt werden, ob und mit welchem zeitlichen Verlauf es zu einer Rückbildung bzw. Verheilung der gebildeten Fließwege kommt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: In-situ-Untersuchungen: In Bohrungen wird eine gasdruckinduzierte Schädigung des Gebirges mit Bestimmung der Gasinfiltrationsrate nach Gaseintritt durch Gasdruckaufbau erzeugt. Anschließend erfolgen Untersuchungen zum Verheilungsverhalten des geschädigten Gebirges durch zeitlich gestaffelte Wiederholung der Gas-Fracdruckmessungen.
- AP2: Laboruntersuchungen: Erzeugung einer gasdruckinduzierten Schädigung bei unterschiedlichen mechanischen Belastungen und Gasinjektionsraten sowie Untersuchungen, wie sich Wegsamkeiten bilden und verhalten (dilatanzbedingte Aufweitung von Fließwegen und vorhandener Risse oder Bildung neuer Risse). Untersuchung des Verheilungsverhaltens der geschädigten Proben unter den in Mt. Terri herrschenden In-situ-Bedingungen bezüglich der Gebirgsspannung, der Zeit sowie des Einflusses von Tonwasser und Überprüfung der Übertragbarkeit der an kleinen Proben ermittelten Laborergebnisse auf Proben größeren Maßstabs.
- AP3: Abschließende Bewertung der In-situ- und Laborergebnisse und Bereitstellung eines Schädigungsmodells.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1:

Im Februar 2007 wurden zur Feststellung des Anfangszustandes des Gebirges und zur Vorbereitung der Untersuchungen zum Gasfluss in allen sechs Bohrungen Wasserinjektionstests durchgeführt und die Permeabilität bestimmt. Die Ergebnisse liegen im Bereich 10^{-18} bis 10^{-20} m^2 , wobei sowohl senkrecht wie parallel zur Schichtung eine Abnahme der Permeabilität mit zunehmendem Hohlraumabstand deutlich ist. Die Porenwasserdrücke liegen in der Mehrzahl der Bohrungen unterhalb des Atmosphärendrucks, was im Vergleich zum ungestörten Porenwasserdruck im Mt. Terri Gebirge von 1 bis 3 MPa auf eine deutliche Druckentlastung im Untersuchungsgebiet hinweist. Die niedrige Permeabilität im Bereich der tieferen Bohrlöcher (8 bis 10 m) legt jedoch nahe, dass hier wie erwartet von einem mechanisch ungestörten Gebirge ausgegangen werden kann.

AP2:

In der ersten Januarwoche 2007 wurde eine Bohrung (BET 7) im vorderen Teil der SB-Nische zur Gewinnung von Bohrkernen erstellt. Die Bohrung hatte einen Durchmesser von 100 mm und eine Gesamtlänge von 7,9 m, aus der intakte Kerne unterschiedlicher Längen entnommen werden konnten. Zur Sicherstellung, dass die erbohrten Proben möglichst keine oder nur geringfügige Veränderungen, d. h. insbesondere vor Austrocknung und Entlastung, erfahren, wurden die Proben vor Ort, unmittelbar nach der Entnahme aus dem Gebirgsverband präpariert. Dazu wurden die Proben in eng anliegende aluminiumbeschichtete Folien eingeschweißt, in ein längs geschlitztes PVC-Rohr eingesetzt, und zur Vermeidung einer radialen Entlastung, das PVC-Rohr mittels Metallschellen gespannt. Der axialen Entlastung wurde mit an die Stirnflächen der Proben angebrachten vorgespannten Platten entgegengewirkt. Zum Schutz vor Austrocknung erfolgte eine Abdichtung mit einer Siliconmasse. Die Labormessungen zur Untersuchung einer gasdruckinduzierten Schädigung und Wiederverheilung wurden mit der Ermittlung des Ausgangszustandes durch Bestimmung der Gaspermeabilitäten bei unterschiedlichen Manteldrücken zw. 2,4 Pa und 7,5 MPa an 4 Proben aus dem Bohrungsabschnitt von 6,24 bis 7,22 m begonnen. Die Aufgabe der Gasinjektionsdrücke erfolgte über achsenparallele Zentralbohrungen. Die Messungen zeigten, dass die Gaspermeabilitäten im betrachteten Manteldruckbereich keine systematische Abhängigkeit vom Manteldruck aufwiesen und vergleichbar zu den in situ gemessenen Wasserpermeabilitäten im Bereich von 10^{-18} und 10^{-21} m^2 liegen. Die Untersuchungen zur Schädigung und zur Wiederverheilung werden in Kürze aufgenommen.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1: Wiederholung der Wasserinjektionstests zur Absicherung der bisherigen Ergebnisse

Beginn der Gasinjektionstests mit stufenweiser Erhöhung des Gasdrucks bis zum Frac

AP2: Beginn der Untersuchungen zur gasdruckinduzierten Schädigung

Untersuchungen zur Wiederverheilung

AP3: wird bearbeitet, sobald hinreichende Ergebnisse der übrigen APs vorliegen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen		Förderkennzeichen: 02 E 10126
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben THEREDA: Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis - Teilvorhaben FZ Karlsruhe		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2006 bis 30.06.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 298.298,00 EUR	Projektleiter: Dr. Marquardt	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Es wird eine einheitliche, umfassende und konsistente thermodynamische Referenzdatenbasis für ausgewählte Radionuklide für eine Temperatur von 25 °C entwickelt, die zur geochemischen Modellierung von Nah- und Fernfeldprozesse eines Endlagers für radioaktiven Abfall eingesetzt werden soll. Es werden bereits bestehende, qualitativ hochwertige Datenbasen für Radionuklide zusammengeführt, auf Konsistenz geprüft, validiert und die Behandlung und Bewertung sorgfältig dokumentiert. Parallel dazu wird eine Datenbank entwickelt, in der die Daten integriert werden. Dieses Projekt läuft in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS), dem Institut für Radiochemie des Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD), der TU Bergakademie Freiberg und der Colenco Power Engineering.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Projektmanagement: Koordination zur Datenerhebung der Radionuklid-Datenbasis im Verbundvorhaben. Erstellung von Berichten und Vorbereitung von Workshops, Vorstellung von Ergebnissen auf Konferenzen.
- AP2: Qualitätsmanagement und Dokumentation: Erstellung von Qualitätsrichtlinien, Archivierung von Quellenangaben und Rechnungen zur Validierung von Daten. Ziel der Validierung von Daten ist es zu prüfen, inwieweit verifizierte Rechen-codes wie EQ3/6 mit Hilfe der erstellten Parameterdateien in der Lage sind, die Gleichgewichte in komplexen Lösungssystemen vorauszusagen.
- AP3: Datenbasis für Radionuklide: Erfassung und Bearbeitung der thermodynamischen Daten für die Radionuklide Tc, Th, Np, Pu, Am und Cm für die Temperatur von 25 °C. Es werden Festphasen als auch in wässriger Phase gelöste Spezies erfasst. Einzugebende Daten sind Bildungs- und Reaktionsdaten relevanter Spezies (z. B. $\log K^\circ$, $\Delta_f G_m^\circ$, $\Delta_r G_m^\circ$), die dazugehörigen Reaktionen, Wechselwirkungsparameter für das Pitzer- bzw. SIT-Modell, Qualitätsstufen, Quellenangaben und Kommentare. Die Daten werden eingehend nach den aufgestellten Qualitätsrichtlinien begutachtet, wobei Empfehlungen anderer international anerkannter Gremien, wie z. B. NEA, einfließen.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im ersten Halbjahr 2007 wurden eine Reihe von Beiträge zu den THEREDA-Handbüchern erstellt. Diese Manuskripte umfassen die Kapitel "Richtlinien (Guidelines) zur Datenauswahl" und "Datenkategorisierung". Insbesondere diejenigen Richtlinien, die aufgrund der spezifischen Randbedingungen und Anforderungen an THEREDA von den Guidelines der NEA-TDB (Datenbasis der OECD Nuclear Energy Agency) abweichen, wurden explizit beschrieben und anhand ausgewählter Beispiele erläutert. Dies betrifft zum Beispiel die Verwendung zweier THEREDA-Datensätze, für Modellrechnungen mit dem SIT-Ansatz (für Lösungen mit niedriger bis mittlerer Ionenstärke) und für Modellrechnungen mit den Pitzer-Gleichungen (notwendig für konzentrierte Salzlösungen, aber oftmals basierend auf verschiedenen experimentellen Daten oder stark vereinfachenden chemischen Speziationsmodellen). Des Weiteren wurden für THEREDA Richtlinien erstellt, zur Benutzung von Analogie- und Schätzwerten und zur Unterscheidung zwischen Daten für löslichkeitsbestimmende, z. T. metastabile Festphasen und nicht-löslichkeitsbestimmende Festphasen.

Für einige wichtige Uran(VI)-Lösungsspezies wurden Ion-Wechselwirkungsparameter für das Pitzer-Modell ermittelt, z. T. durch Anpassung an experimentelle Daten, die in den letzten Jahren am INE ermittelt wurden, z. T. anhand der Umrechnung aus SIT-Koeffizienten, dem einfacheren von der NEA-TDB verwendeten Ansatz für Ionenstärkekorrekturen. Die Konsistenz dieser Parameter wurde überprüft anhand von geochemischen Modellrechnungen mit geeigneten Codes (EQ3/6, Geochemist's Workbench).

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Textentwürfe zu den o. g. Kapiteln für das THEREDA-Handbuch müssen überarbeitet und vervollständigt werden, insbesondere hinsichtlich Richtlinien von bisher ungelösten Problemen wie der Handhabung von reversiblen/irreversiblen Redoxreaktionen, polymeren (kolloidalen) Hydrolysespezies oder der möglichen Ansätze zur Modellierung von Actiniden in Chloridlösung.

Die bereits in Form von Excel-Tabellen vorhandenen Daten für Actiniden (Reaktionsdaten, thermodynamischen Daten für individuelle Verbindungen und gelöste Spezies sowie Ion-Wechselwirkungsparameter) sollen im Laufe der nächsten beiden Halbjahre entsprechend der im Kapitel "Datenkategorisierung" definierten und mit Beispielen unterlegten Kriterien nach Datenklasse, Datenquelle und Qualitätsstufe kategorisiert und mit entsprechenden Kennzeichnungen versehen werden.

Für zahlreiche Lösungsspezies von Actiniden müssen Ion-Wechselwirkungsparameter für das Pitzer-Modell erstellt werden, d. h. aus SIT-Koeffizienten umgerechnet und anhand von Modellrechnungen überprüft werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V., Bautzner Landstraße 128 (B6), 01328 Dresden		Förderkennzeichen: 02 E 10136
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben THEREDA: Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis - Teilvorhaben FZD		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2006 bis 30.06.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 91.185,00 EUR	Projektleiter: Dr. Brendler	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Verbundprojekt THEREDA (Partner: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln und Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe) entwickelt eine umfassende thermodynamische Datenbasis zur geochemischen Modellierung der Schadstofffreisetzung aus Endlagerprojekten. Hierzu bilden die beteiligten Projektpartner einen Kreis von Experten, der vorhandene thermodynamische Stoffgrößen sammelt, nach einheitlich vorher festgesetzten Kriterien bewertet und in einer Datenbank zusammenfasst. Besonderer Wert wird auf eine lückenlose Dokumentation und Rückverfolgbarkeit von Datenbankeinträgen gelegt. Es ist vorgesehen, den bereits in anderen Datenbanken vorhandenen Datenbestand zu integrieren. Die Datenbank hilft bei der Identifikation von Wissenslücken und beim Entwurf von Strategien zu deren Schließung.

Im weiteren Verlauf des Vorhabens werden Werkzeuge zur Verfügung gestellt, um automatisiert anwendungsspezifische Parameterdateien aus der Datenbank zu generieren. Die Parameterdateien werden über das Internet der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Damit wird auch eine nützliche Informations-Rückkopplung an die Bereitsteller der Datenbank ermöglicht.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Projektmanagement
(Berichtswesen, Treffen mit Projektpartnern, Intranet)
- AP2: Qualitätsmanagement und Dokumentation
(Testrechnungen mit vom DB-Generator entwickelten Parameterdateien, Konsistenzprüfungen, Anwenderhandbuch)
- AP3: Datenbasis für die Radionuklide
(FZD: Uran und Radium)

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Projektmanagement

- Projekttreffen in Freiberg und Baden/CH
- Pflege und Aktualisierung der Intranet-Seite zur internen Dokumentation, Kommunikation, Archivierung

AP2: Qualitätsmanagement und Dokumentation

- Erweiterung der Gliederung und weiterer Entwurf für das Anwenderhandbuch in enger Zusammenarbeit mit Colenco Power Engineering AG (Baden/CH)
- Erstellung erster Kapitel zum Handbuch (THEREDA-Hintergrund, Richtlinien zur Datenauswahl, Technische Grundlagen)

AP3: Datenbasis für die Radionuklide

- Beginn der Recherche zum Radium

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1: Pflege und Erweiterung der Intranetseite, Überführung der Intranetseiten in die THEREDA-Internetpräsenz (mit Anmeldung)

AP2: Erstellung weiterer Kapitel zum Handbuch (Dateneingabe, Datenausgabe)

AP3: Zusammenstellung der Daten zu Festphasen und Komplexchemie des Urans, in Abstimmung mit INE-FZK, Weiterarbeiten zur Recherche zum Radium

5. Berichte, Veröffentlichungen

Gemeinsam mit Projektpartnern:

W. Voigt, V. Brendler, K. Marsh, R. Rarey, H. Wanner, M. Gaune-Escard, P. Cloke, Th. Vercoouter, E. Bastrakov, S. Hagemann: Quality assurance in thermodynamic databases for performance assessment studies in waste disposal. *Pure Appl. Chem.* **79** (2007): 883-894.

S. Wilhelm: THEREDA – Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis gestartet. GMit, Nr. 27, März 2007, S. 21-22.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 10146
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben THEREDA: Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis - Teilvorhaben GRS		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2006 bis 30.06.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 77.452,00 EUR	Projektleiter: Dr. Meyer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel dieses Teilvorhabens ist es eine einheitliche, konsistente und qualitätsgesicherte thermodynamische Referenzdatenbasis für die Matrixelemente Aluminium und Silizium zu schaffen, die zusammen mit den Referenzdatenbasen der anderen Teilprojekten eine umfassende thermodynamische Gesamtdatenbasis bildet. Diese soll zur geochemischen Modellierung von Nah- und Fernfeldprozessen für die derzeit in Deutschland diskutierten Wirtsformationen für ein Endlager radioaktiven Abfalls verbindlich verwendet werden.

Die Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS) wird innerhalb dieses Teilprojektes die thermodynamischen Daten die Matrixelemente Aluminium und Silizium aus der Literatur zusammenstellen. Diese werden nach einheitlich vorher festgesetzten Kriterien bewertet und in einer Datenbank zusammenfasst.

Einen besonderen Schwerpunkt wird auf die Parameter, die zur Modellierung in salinaren Milieu benötigt werden, gelegt. Es handelt sich dabei um Ion-Ion-Wechselwirkungsparameter (Pitzer-Parameter). Für diese Pitzer-Parameter existiert bisher noch keine allgemein zugängliche, umfassende, abgesicherte und konsistente Datenbasis.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Entwicklung, Ergänzung und Dokumentation konsistenter thermodynamischer Datenbasen für Aluminium bei 25 °C
- Entwicklung, Ergänzung und Dokumentation konsistenter thermodynamischer Datenbasen für Silizium bei 25 °C
- Projektkoordination

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im laufenden Projektzeitraum beschränken sich die Aktivitäten der GRS auf die Organisation von Projektmeetings und Mitarbeit bei der Erstellung von Qualitätsdokumenten.

4. Geplante Weiterarbeiten

Mit inhaltlichen Arbeiten (Erstellung konsistenter Datenbasen) wird erst im ersten Halbjahr 2008 begonnen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V., Bautzner Landstraße 128 (B6), 01328 Dresden		Förderkennzeichen: 02 E 10156
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Charakterisierung und Quantifizierung des Einflusses von Tonorganika auf die Wechselwirkung von U und Am im Ton		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2006 bis 31.12.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 517.504,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Bernhard	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens sind Beiträge für zuverlässige Prognosen zur Ausbreitung von Actiniden in Tongesteinen in Gegenwart von Huminstoffen (HS) und Tonorganika. Es sollen die Wechselwirkungen zwischen Actiniden (U, Am), HS und einem natürlichen Tongestein untersucht werden. Die Arbeiten gliedern sich in Komplexbildungsuntersuchungen sowie Batch- und Diffusionsexperimente im System Actinid-(HS)-Tongestein-Wasser. Die Datenbasis zur U(IV)/U(VI)-HS-Komplexierung soll vervollständigt werden. Erkenntnisse zum Einfluss N- und S-haltiger HS-Funktionalitäten auf die Metallionen-Komplexierung sind zu erwarten, die der abschließenden Einschätzung der Rolle verschiedener HS-Funktionalitäten bei der Metallionen-Komplexierung dienen. Quantitative Daten zur Sorption/Migration sowie qualitative Daten zu gebildeten Oberflächenkomplexen und Transport bestimmenden Prozessen werden generiert. Das Forschungsvorhaben erfolgt in Kooperation mit den Förderprojekten der Universitäten Mainz, Saarbrücken, München, Potsdam, Heidelberg, des Instituts für Interdisziplinäre Isotopenforschung Leipzig und des Instituts für Nukleare Entsorgung Karlsruhe.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Synthese stickstoff- und schwefelhaltiger Huminsäure-Modellverbindungen und spektroskopische Charakterisierung der Heteroatom-Funktionalitäten
2. Untersuchung des Einflusses stickstoff- und schwefelhaltiger Funktionalitäten auf die U(VI)- und Am(III)-Komplexierung mit Huminsäuren und organischen Modellliganden
3. Bestimmung der Konzentrations- und Temperaturabhängigkeit der Komplexbildungskonstante für die U(VI)-Huminsäure-Komplexierung
4. Untersuchung der Bildung ternärer U(VI)-Carbonato-Humat-Komplexe
5. Untersuchung der U(IV)-Komplexierung durch Humin- und Fulvinsäuren
6. Identifizierung der für die Komplexierung von Actiniden in verschiedenen Oxidationszuständen relevanten funktionellen Gruppen der Huminstoffe
7. Quantifizierung und Charakterisierung der von Tonen freigesetzten anorganischen und organischen Kolloide
8. Untersuchungen zur U(VI)-Sorption an Opalinus-Ton und zum Einfluss von Huminstoffen auf die U(VI)-Sorption
9. Diffusionsexperimente zum U(VI)-Transport in Opalinus-Ton

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Die vom INE erhaltene aerobe Opalinus-Ton-Probe wurde charakterisiert (IR, XRD, TOC, Urananteil mittels ICP-MS, BET) und mit bereits bestehenden Werten der Projektpartner verglichen, wobei sich Übereinstimmung ergab.
- Mittels TRLFS, fs-TRLFS und UV/Vis-Spektroskopie wurde die U(VI)-Komplexierung durch Benzolsulfonsäure und 4-Hydroxybenzolsulfonsäure, als Modellliganden für schwefelhaltige Huminsäuren, untersucht.
- Mittels TRLFS wurde die Komplexierung von U(VI) mit den Modellliganden Zitronensäure und Oxalsäure untersucht.
- Mit der Untersuchung der U(IV)-Komplexierung durch Fulvinsäure mittels UV/Vis-Spektroskopie und fs-TRLFS wurde begonnen.
- Zur Bestimmung der Oberflächenkomplexe von Am(III) an Kaolinit wurden die Systeme Am(III)-Kaolinit und Am(III)-HS-Kaolinit mittels TRLFS bei unterschiedlichen pH-Werten untersucht. Im binären System Am(III)-Kaolinit wurde kein Einfluss des pH-Wertes auf die Fluoreszenzspektren beobachtet. Dagegen wurde im ternären System eine Verringerung der Fluoreszenzintensität mit steigendem pH-Wert gefunden.
- Erste Synthesen zur Präparation schwefelhaltiger Huminsäure-Modellverbindungen wurden durchgeführt und mit deren Charakterisierung begonnen.
- Zur Optimierung eines bestehenden lasergestützten Fluoreszenzmesssystems wurde ein ICCD-Kamerasystem mit Bildverstärker und Spektrograph installiert. Erste Testmessungen wurden durchgeführt.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Fortführung und Auswertung der spektroskopischen Untersuchungen der U(VI)-Komplexierung durch Benzolsulfonsäure und 4-Hydroxybenzolsulfonsäure sowie der U(IV)-Komplexierung durch Fulvinsäuren. Bestimmung der Komplexbildungskonstanten.
- Spektroskopische Untersuchung der U(VI)-Komplexierung durch weitere Modellliganden für stickstoff- und schwefelhaltige Huminsäuren, z. B. Nicotinsäure.
- Laserspektroskopische Untersuchungen zur Konzentrationsabhängigkeit der U(VI)-Huminsäure-Komplexierung.
- Untersuchung der U(VI)-Sorption an Opalinus-Ton unter aeroben Bedingungen (Einsatz synthetischen Porenwassers, Aufnahme von Adsorptionsisothermen, Untersuchung der Sorptionskinetik).
- Installation von neuem Zubehör an unserer HPLC-Anlage und Test der erweiterten Anlage.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Sachs S., Brendler V., Geipel G.: Uranium(VI) Complexation by Humic Acid under Neutral pH Conditions Studied by Laser-induced Fluorescence Spectroscopy. *Radiochim. Acta* 95, 103-110 (2007). (DOI 10.1524/ract.2007.95.2.103).

Křepelová, A.; Brendler, V.; Sachs, S.; Baumann, N.; Bernhard, G.: U(VI)-Kaolinite Surface Complexation in Absence and Presence of Humic Acid Studied by TRLFS. *Environ. Sci. Technol.*, accepted, 2007.

Křepelová, A.: Influence of Humic Acid on the Sorption of Uranium(VI) and Americium(III) onto Kaolinite. Dissertation, TU Dresden, 2007.

Zuwendungsempfänger: Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Saarstr. 21, 55099 Mainz		Förderkennzeichen: 02 E 10166
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Wechselwirkung von Neptunium und Plutonium mit natürlichem Tongestein		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2006 bis 31.12.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 562.450,00 EUR	Projektleiter: Prof. Reich	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Sorption von Np und Pu an natürlichem Tongestein wird unter umweltrelevanten Bedingungen untersucht, sowie der Einfluss von Huminstoffen auf die Sorption in Batch- und Diffusionsexperimenten studiert. Um die Wechselwirkungsprozesse auf molekularer Ebene zu verstehen, werden die dominierenden Sorptionsspezies mit Hilfe spektroskopischer Methoden (XPS, XANES und EXAFS) bestimmt. Wichtige Fragestellungen sind die Reversibilität und Kinetik der Sorption sowie die Rolle von Huminstoffen und eventuell auch von Tonorganika. Diese Untersuchungen sollen die thermodynamische Datenbasis für Actiniden erweitern, sowie Informationen zur Ableitung von Bewertungskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Ton als Wirtsgestein, insbesondere über das Rückhaltevermögen von Tongestein gegenüber Radionukliden, liefern. Im Rahmen des Verbundprojekts wird schwerpunktmäßig mit dem Institut für Radiochemie des Forschungszentrums Dresden-Rossendorf, dem Institut für Nukleare Entsorgung des Forschungszentrums Karlsruhe und der Universität des Saarlandes zusammengearbeitet.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Batchexperimente mit Np/Pu-Tongestein und Einfluss von Huminstoffen;
- Speziationsuntersuchungen in den Systemen Np/Pu-Tongestein mit XANES und EXAFS und in dem System Tongestein-Huminstoff mit XPS;
- Diffusionsexperimente mit Np(V) in natürlichem Tongestein und Einfluss von Huminstoffen;
- analytisch apparative Entwicklung, u. a. Kopplung CE-ICP-MS, CE-DAD und CE-RIMS.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Zunächst wurde die Sorption von Np(V) an Opalinuston mit den gleichen Bedingungen wie für Kaolinit KGa-1b bei 8 μM Np und 0,1 M NaClO_4 an Luft gemessen. Die Sorptionskurve des natürlichen Tons zeigt die gleiche pH-Anhängigkeit wie das Modellmineral Kaolinit, d. h. Sorptionskante bei pH 7,5 und Sorptionsmaximum bei pH 8,5. Der einzige Unterschied ist die Menge an sorbiertem Np(V). Das Sorptionsvermögen von Opalinuston beträgt bei pH 8,5 nur 40 %, während Kaolinit 80 % Np(V) sorbierte.

Entsprechend der auf dem Workshop in Potsdam getroffenen Absprache wurden die folgenden Sorptionsexperimente mit Opalinuston nur mit dem synthetischen Porenwasser durchgeführt. Das optimale Verhältnis Ton/Lösung wurde in Batchexperimenten mit Np(V) über einen Konzentrationsbereich von 2-20 g/l bei konstanter Neptuniumkonzentration von 8 μM zu 15 g/l ermittelt sowie ein K_d -Wert für Np(V) von 16 ml/g erhalten. Die Kinetik der Sorption und Desorption von 8 μM Np(V) wurde bei pH 7,5 untersucht. Ähnlich wie beim Kaolinit sind beide Prozesse schnell, wobei die Desorption in diesem Konzentrationsbereich nicht vollständig reversibel ist. Weiterhin wurde die Sorptionsisotherme für Np(V) und Opalinuston in Gegenwart von Porenwasser und Luft in einem Konzentrationsbereich von 10^{-13} - 10^{-4} M Np(V) gemessen. Die Daten lassen sich mit einer Freundlich-Isotherme beschreiben, die in doppelt logarithmischer Darstellung einen Anstieg von 0,97 hat.

Die apparativen Entwicklungen zur Kopplung CE-DAD-ICP-MS wurden mit Hilfe der Referenzsysteme Sm/Eu/Gd-Aldrich Huminsäure fortgesetzt. Allerdings sind die ermittelten $\log\beta$ -Werte für die Humatkomplexe kleiner als die in der Literatur, was eventuell durch die Dissoziation der Komplexe im elektrischen Feld der Kapillarelektrophorese (CE) bedingt ist.

4. Geplante Weiterarbeiten

Durch den Einsatz des neuen Zersteubers „MiraMist“ (3-10 $\mu\text{l}/\text{min}$) soll für die Kopplung von CE mit ICP-MS die Nachweisgrenze von Plutonium signifikant gesenkt werden.

Die K_d -Werte für die Sorption von Pu(III) und Pu(IV) sowie den redoxstabilen Analoga Am(III) und Th(IV) an Opalinuston in Gegenwart von Porenwasser sollen in Batchexperimenten bestimmt werden.

Ein Prototyp der Diffusionszelle wird nach den technischen Angaben des Paul Scherrer Instituts gefertigt werden. Anschließend soll die Diffusionszelle charakterisiert werden, indem der Diffusionskoeffizient von HTO in Opalinuston gemessen und mit dem am PSI erhaltenen Wert verglichen wird.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung e.V. an der Universität Leipzig, Permoserstraße 15, 04318 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 E 10176
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Beiträge zur Modellierung des Actinidentransports in potentiellen Wirtsgesteinsformationen; Teilthema 1: Mobilitätsbestimmende Elementarprozess; Teilthema 2: Einfluss heterogener Strukturen auf den Lösungs-Kolloidtransport		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2006 bis 31.12.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 836.371,00 EUR	Projektleiter: Dr. Lippold	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Zielsetzung des ersten Teilvorhabens besteht in der Bereitstellung von Bewertungsgrundlagen zum Einfluss organischer Kolloide auf die Migration von Actiniden in Tongestein. Dazu wird die Koadsorption an Tonmineralien und an natürlichem, organikhaltigem Ton in Abhängigkeit von geochemischen Parametern untersucht und modelliert. Mit Hilfe von Radiotracermethoden sollen die Voraussetzungen für eine Rekonstruktion ternärer Systeme anhand von Gleichgewichtsdaten binärer Systeme im Einzelnen geprüft werden.

Ziel des zweiten Teilvorhabens ist die tomographische räumliche und zeitliche Erfassung von Konzentrationsverteilungen während des Transports von Lösungen und Kolloiden in Modellprobekörpern und Bohrkernen aus Ton, Tongestein und Kristallingestein, um realistische Transportparameter und Kalibrierdaten für die Entwicklung verbesserter Prognosemodelle zur Sicherheit nuklearer Endlager zu schaffen.

Das Projekt ist Bestandteil des Verbundvorhabens „Wechselwirkung und Transport von Actiniden im natürlichen Tongestein unter Berücksichtigung von Huminstoffen und Tonorganika“.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1.1: Untersuchung und Modellierung der Wechselwirkungen in ternären und binären Systemen aus radiotoxischen Schwermetallen, Huminstoffen und Tonen bzw. Tonmineralien in Abhängigkeit von pH-Wert und Elektrolytgehalt
- AP1.2: Stabilität gelöster und oberflächengebundener Humatkomplexe; Einfluss höherwertiger Metalle auf das Adsorptionsverhalten von Huminstoffen
- AP1.3: Zeitabhängigkeit des Konkurrenzeffektes von Al(III) bezüglich der Humatkomplexbildung radiotoxischer Schwermetalle
- AP1.4: Reversibilität der Adsorption von Huminstoffen; Adsorptionsverhalten von Metallhumaten an huminstoffgesättigten Oberflächen
- AP2.1: Lokaler Lösungstransport in homogenisierten Tonproben in Abhängigkeit von Dichte, Sättigung und geochemischen Parametern

- AP2.2: Lokaler Lösungstransport in Bohrkernen mit realer Struktur
 AP2.3: Lokaler Kolloidtransport analog zu AP2.1 und 2.2
 AP2.4: Autoradiographische Untersuchung von Adsorbatverteilungen in Relation zum Oberflächenpotential
 AP2.5: Lokaler Kolloidtransport in Granitspalten
 AP2.6: Matrixdiffusion in Granit

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die pH-Abhängigkeit der Adsorption von [^{160}Tb]Tb(III) und/oder Huminsäure an Opalinuston sowie an den Tonmineralien Montmorillonit und Illit wurde in ca. 250 Batchversuchen vermessen. Die Metall-Humat-Komplexbildung wurde ebenfalls pH-abhängig nach der Anionenaustausch-Methode untersucht. Sowohl Tb(III) als auch Huminsäure werden an Opalinuston schwächer adsorbiert als an den beiden Tonmineralien. An allen Materialien wird die Fest-Flüssig-Verteilung des Metalls durch die Komplexbildungs- und Adsorptionseigenschaften der Huminsäure überprägt, allerdings in vergleichsweise geringem Umfang. In saurem bis neutralem Milieu wird die Metalladsorption in Gegenwart von Huminsäure erhöht. Das ist rückführbar auf die pH-Abhängigkeiten der Teilprozesse in den binären Randsystemen. Eine quantitative Rekonstruktion anhand eines kombinierten K_d -Modells ist jedoch nur annähernd möglich. Im Weiteren wird geprüft, ob bei Verwendung anderer Verfahren zur Bestimmung der Metall-Humat-Komplexbildung bessere Modellierungsergebnisse erzielt werden.

Die Methodik für PET-Untersuchungen des Transportes in homogenisierten Tonproben wurde entwickelt und im inaktiven Versuch erprobt. Der Versuch mit dem PET-Tracer ^{124}I ist derzeit in Vorbereitung. Hierfür kann das neu in Betrieb genommene MiniPET genutzt werden. Dieses Gerät wurde bereits für Transportuntersuchungen an einem Granitkern mit Hilfe von PET-Zeitreihen erfolgreich eingesetzt. Es zeigte sich, dass die erwartete hohe Auflösung (ca.

1 mm) bei relativ geringem Einsatz von Traceraktivität (< 100 MBq) erreicht werden kann.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Untersuchungen zur pH-Abhängigkeit der Tb(III)-Humat-Komplexbildung nach verschiedenen Methoden unter Berücksichtigung möglicher Konkurrenzprozesse infolge Mineralauflösung
- Modellierung der ternären Systeme nach dem kombinierten K_d -Ansatz
- Untersuchung des Adsorptionsverhaltens von Huminsäure an Tonmaterial in Gegenwart höherwertiger Metalle
- Untersuchung des Lösungstransportes und des Kolloidtransportes in homogenisierten Tonproben mit unterschiedlicher Zusammensetzung und an Granitproben (Äspö/Grimsel)
- Entwicklung von Visualisierungs- und Auswertemethoden für PET-Zeitreihen
- Ableitung relevanter Transportparameter anhand räumlich-zeitlicher Konzentrationsverteilungen aus PET-Untersuchungen

5. Berichte, Veröffentlichungen

Beitrag auf der EGU-Tagung in Wien:

J. Kulenkampff, M. Richter, M. Gründig, A. Seese: Observation of transport processes in soils and rocks with Positron Emission Tomography. Geophysical Research Abstracts, Vol. 9, 2754, 2007

Zuwendungsempfänger: Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München		Förderkennzeichen: 02 E 10186
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Quantenmechanische Modellierung von Aktinoidenkomplexen: Komplexierung durch Huminstoffe und Sorption an Tonmineralien		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2006 bis 31.12.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 538.240,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Rösch	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Vorhabensziele:

- Quantenmechanische Modellierung der Komplexierung von Aktinoidenspezies durch Huminstoffe.
- Quantenmechanische Modellierung der Sorption von Aktinoidenspezies an Tonmineraloberflächen.
- Weiterentwicklung von Solvatationsmodellen.

Bezug zu anderen Vorhaben:

Teilprojekt im Verbund „Actinidenmigration im natürlichen Tongestein“.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Untersuchungsprogramm umfasst folgende Arbeitspakete:

AP1: Komplexierung durch Huminstoffe

Im AP1 werden computerchemische Untersuchungen zur Komplexierung von Aktinoiden durch Carboxyl- und alternative Funktionalitäten von Huminstoffen anhand von Modellen durchgeführt sowie Solvatationsmodelle entwickelt und angewandt.

AP2: Sorption an Tonmineralien

Das AP2 umfasst quantenmechanische Berechnungen periodischer Modelle von Tonmineralien sowie computerchemische Untersuchungen zur Adsorption von Aktinoidenspezies auf Tonmineraloberflächen mit Hilfe dieser Modelle.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1.1: Ternäre Komplexe Uranyl-Acetat-Hydroxid;

AP1.2: Uranyl-Bicarboxylate;

AP1.3: Uranylkomplexe mit N-Donorliganden;
 AP2.2, 2.3: Kaolinit: Oberflächen und Sorption.

Die Untersuchung von ternären Uranyl(VI)-Komplexen (AP1.1) am Beispiel des Acetatkomplexes von Uranylmonohydroxid wurde weitgehend abgeschlossen. Aufgrund der geringeren Ladung des Uranylmonohydroxids wurde für alle Strukturen erwartungsgemäß eine geringere freie Enthalpie der Komplexbildung durch Acetat im Vergleich zu Uranyl berechnet. Im Gegensatz hierzu wurden Komplexbildungsexperimente mit Huminstoffen bei höheren pH-Werten dahin gehend interpretiert, dass Uranyl und Uranylhydroxid vergleichbare Komplexbildungsstärken aufweisen. Unsere Rechnungen am Modell Uranylmonohydroxyacetat ergaben keine Hinweise für einen vorgeschlagenen zusätzlichen Stabilisierungsmechanismus.

Bicarboxylatkomplexe der Aktinyle werden als Modelle für die Komplexbildung durch mehrere funktionelle Gruppen von Huminstoffen untersucht (AP1.2). Strukturoptimierungen des prototypischen Systems Uranyl(VI)acetat in der Gasphase ergeben wie bei Monoacetatkomplexen eine energetische Präferenz für monodentate Komplexbildung aufgrund einer Stabilisierung der Komplexe durch Wasserstoffbrücken. Sechsfache Koordination von Uranyl ist bevorzugt. In Fortführung dieser Modellierungen werden derzeit Solvatisierungseffekte und thermodynamische Korrekturen berechnet.

Die Untersuchung der Komplexbildungseigenschaften von N-Donorgruppen (AP1.3) wurde um den Modellliganden Trimethylamin ergänzt. Aufgrund seines sterischen Anspruchs koordiniert Trimethylamin schwächer (+40 kJ/mol) als ein Aqualigand an Uranyl. Während Pyridin ähnlich stark wie Wasser koordiniert, wird Methylamin etwas stärker gebunden, -30 kJ/mol. Aufgrund bisheriger Rechnungen sind nur primäre Amine interessante Kandidaten für relevante N-Funktionalitäten in Huminstoffen. Eine Veröffentlichung ist in Vorbereitung.

Die Arbeiten zur Modellierung der Sorption an Kaolinit wurden weitergeführt (AP2.2, 2.3). Ein Modell mit einer adsorbierten Monolage Wasser auf Tetraeder- und Oktaederflächen (001) sowie den Kantenflächen (010) bestätigt als einfaches Modell qualitativ die bekannten Unterschiede der Hydrophilie dieser Oberflächen und verifiziert damit die verwendeten periodischen Modelle. Innersphärische Uranyl(VI)komplexe auf Korund sind weniger stark gebunden als auf Kaolinit. Weiterhin wurden Geometrieoptimierungen für inner- und außersphärische Uranylkomplexe auf beiden (001)- sowie auf Kantenflächen (010) durchgeführt. Erste Beispiele einer zusätzlichen Solvatation der Oberflächen durch eine Monolage Wasser zeigen nur einen geringen energetischen Einfluss auf die Komplexe. Da periodische Modelle ungeladene Einheitszellen erfordern, werden derzeit verschiedene Strategien der Ladungskompensation erprobt (Gegenionen, geladene Defekte), um geladene Oberflächenkomplexe modellieren zu können. Damit kann man dann auch Oberflächenkomplexe auch bei unterschiedlichen

Oberflächenorientierungen vergleichen und so relevante Spezies identifizieren.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1.1: Abschluss der Arbeiten zu Uranyl(VI)-Monohydroxidacetat.
 AP1.2: Fortführung der Berechnungen zu Bicarboxylaten.
 AP2.3: Fortführung der Arbeiten zur Sorption auf Kaolinit.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Universität des Saarlandes, Campus Saarbrücken, 66123 Saarbrücken		Förderkennzeichen: 02 E 10196
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Untersuchungen zur Migration von Lanthaniden und Uran in natürlichen Tonformationen im Übergang von verdünnten Mineral-Suspensionen zu kompakten Tonen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2006 bis 31.12.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 502.243,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Beck	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des aktuellen Verbundprojektes ist es, das geochemische Verhalten von Actiniden (Uran) sowie Lanthaniden (Europium, Terbium und Gadolinium) als deren Vertreter im natürlichen Tongestein auch unter dem Einfluss von Organika (Huminstoffe, Tonorganika) aufzuklären. Aufbauend auf unsere bisherigen Arbeiten werden im ersten Teil des neuen Projektes die Untersuchungen, die bislang nur an dem Modellton Kaolinit durchgeführt wurden, auf natürliche Tongesteine (beispielsweise Opalinuston) übertragen. Im zweiten Teilabschnitt des Projektes soll mit Hilfe von Säulenversuchen auf Basis einer Miniaturisierung in Analogie zur LC bzw. HPLC das Ausbreitungsverhalten von Lanthaniden (Eu, Gd, Tb) und Radionukliden (U) und verschiedenen Organika in kompaktem Tonstein untersucht werden.

Von den in diesem Verbund tätigen Institutionen haben wir eine besondere thematische Nähe und Kooperation mit folgenden Einrichtungen: Institut für Nukleare Entsorgung des FZK; Institut für Radiochemie des FZD; Institut für Kernchemie der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz; Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung in Leipzig und dem Institut für Physikalische Chemie der Universität Potsdam.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Auswahl und Charakterisierung eines natürlichen Tongesteins
- AP2: Batch-Versuche zur Bestimmung der Einflüsse geochemischer Parameter auf die Sorption von Lanthaniden und Radionukliden (Eu, Gd bzw. Tb und U) in natürlichen Tonformationen inklusive der darin enthaltenen Organika
- AP3: Batch-Versuche zur Untersuchung der Einflüsse von organischen Modellstoffen und natürlich vorkommenden tonorganischen Stoffen auf die Metall-Desorption bei natürlichem Tongestein
- AP4: Aufbau und Optimierung eines miniaturisierten Säulenversuchs und Vergleich der Ergebnisse des Säulenversuchs mit denen aus Batch- und Diffusions-Versuchen. Bestimmung wichtiger Parameter auf das Migrationsverhalten der Metalle im nativen Tongestein

- AP5: Aufklärung der räumlichen Verteilung (Porenstruktur, Kanalbildung) sowie des Ausbreitungsverhaltens der Schwermetalle und Tonorganika unter dem Einfluss von grundwasserrelevanten Parametern durch eine ortsaufgelöste Analytik der Tonsäulen
- AP6: Bereitstellung und Implementierung des erfolgreich getesteten und optimierten Säulenversuchs für alle in Frage kommenden Projektpartner als konkretes Instrumentarium zum Test mit den jeweiligen Radionukliden.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Als natürliches Referenz-Tonmineral für das Verbundprojekt wurde ein Opalinus-Ton (BHE-241) aus der Schweiz ausgewählt, der vom INE aufgearbeitet, homogenisiert und charakterisiert wurde. Für unsere Versuche wurden vom INE ca. 500 g homogenisiertes aerobes Tongestein (BHE-241, Abschnitt 3,30-3,56 m, Teilchengröße < 500 µm) zur Verfügung gestellt, das im Hinblick auf unsere Versuche hin charakterisiert wurde.

Eine Phasen-Analyse mittels Röntgendiffraktometer (Siemens D5000) und Rietveld-Verfeinerung mit TOPAS 2.1 (Bruker AXS) ergab eine Zusammensetzung von 33 % Kaolinit, 27 % Illit, 23 % Quarz, 15 % Calcit und 2 % Pyrit, wohingegen Chlorit (<5 %) und Feldspat (<4 %) nicht nachgewiesen werden konnten.

Des Weiteren wurden Extraktionsversuche des Opalinustons durchgeführt, wobei zum einen das Auflöseverhalten in MilliQ-Wasser und zum anderen in synthetischem Porenwasser (Van Loon et al. 2003) analysiert wurde. Für beide Extraktionsmittel konnten eine Reihe verschiedener Elemente aus dem Ton herausgelöst werden, die mittels ICP-MS nachgewiesen wurden. Die Auflösungsversuche mit minimaler Ionenstärke (MilliQ, 18,2 MΩ) ergaben eine vermehrte Extraktion überwiegend anionischer Spezies, wobei durch den vergleichsweise hohen Anteil an nachgewiesenem Aluminium und Silizium sich auch Tonstrukturen aufzulösen scheinen. Bei den Auflösungsversuchen mit hoher Ionenstärke (Synthetisches Porenwasser, I = 0,42 M) konnte eine vermehrte Extraktion kationischer Spezies aufgrund der hohen Konzentration an Konkurrenzen im Porenwasser nachgewiesen werden.

Zur Zeit werden Messungen zur Kationenaustauschkapazität des Ton-Homogenats und Batch-Versuche zur Bestimmung der Adsorptionsisothermen durchgeführt. Daneben werden erste Versuche zu den bevorstehenden Säulenexperimenten durchgeführt und der Aufbau des Fluoreszenz-Imaging-Systems zur ortsaufgelösten Analytik konnte begonnen werden.

4. Geplante Weiterarbeiten

Nach Bestimmung der Protonenaustauschkapazität und Adsorptionsisothermen werden die im AP2 und 3 weiter angegebenen Batch-Versuche zur Bestimmung der Einflüsse geochemischer Parameter (pH-edges, Huminsäure-Komplexierung, Einfluss von Konkurrenzen) auf die Sorption bzw. Desorption von Lanthaniden (Eu, Gd bzw. Tb) in Angriff genommen. Zusätzlich wird der Aufbau und die Optimierung des miniaturisierten Säulenversuchs (AP4) sowie des Fluoreszenz-Imaging-Systems (AP5) weitergeführt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Kautenburger R. & H.P. Beck (2007, in press): Complexation studies with lanthanides and humic acids analysed by ultrafiltration and capillary electrophoresis - inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*.

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen		Förderkennzeichen: 02 E 10206
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Einfluss von tonorganischen Substanzen auf die Rückhaltung von Actiniden in der Tonbarriere		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2006 bis 31.12.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 813.235,00 EUR	Projektleiter: Dr. Marquardt	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Untersucht wird das Migrationsverhalten von Actiniden in der natürlichen Tonbarriere. Hierbei sollen die relevanten Prozesse auf molekularer Ebene aufgeklärt und verstanden werden. Neben der eingehenden Charakterisierung von Tonmineralien und der darin enthaltenen Tonorganika werden deren Wechselwirkungen mit Actinidionen untersucht. Notwendige Grundlagenuntersuchungen werden parallel durchgeführt, hinsichtlich Komplexierung der Actiniden mit Tonorganika und Huminstoffen. Das natürliche tonorganische System wird aus reinen Komponenten nachgebaut um ihre Entstehung, ihre Eigenschaften sowie ihren Einfluss auf die Actinidenmigration nachvollziehen zu können. Zusammenarbeiten laufen mit dem Forschungszentrum Dresden, der Universität Mainz, Potsdam, Heidelberg, Universität des Saarlandes, IIF Leipzig sowie der TU München. Außerdem werden Zuarbeiten von der TU Graz, Inst. für Analytische Chemie und Radiochemie geleistet.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Charakterisierung relevanter Tongesteinsproben. Hierzu gehören die Aufklärung der räumlichen Verteilung chemisch/mineralogischer Phasen sowie die über geologische Zeiträume entstandene Verteilung natürlicher Actiniden und deren Analoga. Hieraus ergeben sich Erkenntnisse über die vernetzte Porosität des Tongesteins und potentieller Transportwege.
- AP2: Diffusionsuntersuchungen von Actiniden und Analoga. Als stationäre Phase werden Tongestein aus Mt. Terri (Opalinuston) untersucht. Als mobile Phase dient ein synthetisches Porenwasser.
- AP3: Speziation der Actiniden in der mobilen Phase. Zu diesem Zweck werden spektroskopische Methoden eingesetzt, insbesondere TRLFS und LIBD, sowie konventionelle Methoden (z. B. Extraktion und Kapillarelektrophorese).
- AP4: Speziation der Actiniden im Ton. Bestimmt wird die räumliche Verteilung der Actiniden in der Tonmatrix nach Diffusionsversuchen. Es wird versucht eine Trennung und Speziation in verschiedenen Ton-Phasen durchzuführen. Das Ganze wird begleitet von Grundlagenuntersuchungen zur Actiniden-Tonorganika / Humat-Komplexierung.
- AP5: Synthese des natürlichen Systems aus reinen Komponenten. Das natürliche System wird simuliert, indem organische Stoffe an gereinigten Tonmineralien mit verschiedenen Kationenaustausch-Belegungen polymerisiert werden, um die natürlichen Tonorganika mit ihren charakteristischen Eigenschaften und Bindungszuständen nachzubauen.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Berichtszeitraum wurden verstärkt Arbeiten zu Arbeitspaket 5 durchgeführt. In diesem Rahmen wurde der Einfluss von thermischen Belastungen auf Tonmineralien und Ton-Organik (OM) untersucht. Eine Mischung von Volclay Bentonit (hauptsächlich Smektit) und Kerogen aus Toarcian-Tonschiefer des Pariser Beckens wurde bei 200 °C-365 °C und 300 bar über 72 h pyrolysiert und anschließend mit XRD, TEM-EELS (Transmissionselektronenmikroskopie) und STXM (Scanning Transmission X-Ray Microscope) charakterisiert. Es zeigte sich, dass OM nicht in den Zwischenschichten des Smektit gefunden wird. Die Quelleigenschaften des Tons werden nicht verändert, auch nicht von gebundenen organischen Komponenten. Das Kerogen liegt hauptsächlich als isolierte Partikel vor und wird als „diffuse Spots“ auf der Smektit-Oberfläche gebunden. TEM-EELS und STXM zeigen Unterschiede in den Spektren von partikulärem und tongebundenem Kerogen. Ein erhöhter Anteil an sauerstofffunktionellen Gruppen konnte in Tonmineral-assoziiertem Kerogen gefunden werden. Thermischer Stress verändert demnach das Tonmineral-assoziiertem Kerogen, während reine partikuläre Organik strukturell keine signifikante Unterschiede vor und nach der Pyrolyse zeigt, unabhängig von An- und Abwesenheit des Bentonits. Weiterhin scheint die Assoziation von Kerogen nur an den äußeren Oberflächen stattzufinden. Für spektroskopische Untersuchungen der Radionuklid-Komplexierung speziell mittels zeitaufgelöster Laserfluoreszenz-Spektroskopie stellt der hohe Anteil an Fe in natürlichem Kerogen als Quencher ein Problem dar.

Ein Ansatz ist die Polymerisation niedrig-molekularer organischer Komponenten in Anwesenheit verschiedener Tonmineral-Typen. Hierzu wurde über eine Maillard-Reaktion Glucose mit Glycin bzw. Katechol in Gegenwart von Na-, Ca-, oder Fe-austauschenden Smektiten kondensiert. Das organische Produkt sind huminstoffähnliche Verbindungen (HM) die anschließend pyrolysiert wurden, um ein den natürlichen Tonorganika (Kerogene) in der Callovo-Oxfordian-Formation vergleichbares Endprodukt zu erhalten. Die nach der Maillard-Reaktion, aber vor der Pyrolyse gewonnenen synthetischen HM wurden mittels UV-Vis- und IR- Absorptionsspektroskopie, μ FTIR, XRD und STXM charakterisiert. Es zeigt sich, dass mit der Temperatur (25 bis 80 °C) der Polymerisationsgrad der HM erhöht wird. Der Anteil von aromatischen Ringen mit polaren Gruppen wird in der Reihe $\text{Na}^+ < \text{Ca}^{2+} < \text{Fe}^{3+}$ größer. Es wird ein katalytischer Effekt der Mineraloberfläche beobachtet. Kationenbrücken zwischen Organik und Ton sind für die Bildung von aromatischen Strukturen und Makromolekülen wichtig und man findet im Katechol-System eine nicht-homogene Verteilung der Organik in den Zwischenschichten des Tones. Auch die Tonpartikelgröße/reaktive Oberfläche beeinflusst den Polymerisationspfad.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten werden weitergeführt und konzentrieren sich:

- Charakterisierung der huminstoffähnlichen Verbindungen nach erfolgter Pyrolyse.
- RN Komplexierungsstudien an diesen Ton/Organik Assoziaten im Vergleich zum reinen Ton.
- Reaktivität der Tone unter hoch-alkalinen Bedingungen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Universität Potsdam, Am Neuen Palais 10, 14469 Potsdam		Förderkennzeichen: 02 E 10216
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Spektroskopische Untersuchungen zum erweiterten Prozessverständnis in binären und ternären Huminstoff-Tongestein - Lanthanoid Systemen: Thermodynamische und kinetische Kenngrößen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2006 bis 31.12.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 275.839,00 EUR	Projektleiter: Dr. Kumke	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im beantragten Forschungsvorhaben werden laserbasierte spektroskopische Methoden zur Untersuchung der Wechselwirkungen in ternären Systemen (weiter)entwickelt. Damit wird das Prozessverständnis in ternären Systemen auf molekularer Ebene erweitert und verbessert. Aus den experimentellen Arbeiten werden dann neue bzw. verbesserte thermodynamische und kinetische Kenngrößen zur Beschreibung der ternären Systeme ableitbar, die die Basis für ein umfassenderes Verständnis der molekularen Prozesse darstellen. Langzeitsicherheitsanalysen und Risikobewertungen von Endlagerstätten oder geologischen Barrieren werden durch das grundlegende Prozessverständnis so verlässlicher zu gestalten sein.

Das Projekt 02E10216 ist Teil des Verbundes „Wechselwirkung und Transport von Actiniden im natürlichen Tongestein unter Berücksichtigung von Huminstoffen und Tonorganika“. Thematisch eng verknüpft ist das Forschungsvorhaben mit den Teilvorhaben des Forschungszentrums Dresden-Rossendorf (AP1, AP2), des Instituts für Nukleare Entsorgung des FZK (AP1, AP2), der TU München (AP1) sowie des Instituts für Interdisziplinäre Isotopenforschung Leipzig (AP5).

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Interlanthanoid-Energietransfer in binären und ternären Systemen

AP2: Laser-Flash-Untersuchungen der Triplett-Zustände in binären und ternären Systemen

AP3: Anisotropie von Huminstoffen in binären und ternären Systemen

AP4: Kinetik der Sorption in binären und ternären Systemen (stopped-flow und Temperatursprung-Experiment)

AP5: Konkurrenz-Reaktionen der Wechselwirkungen zwischen Ln(III) und anderen Metallionen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Verschiedene aromatische und aliphatische Verbindungen wurden als Modellliganden in Europium-Komplexen mittels zeitaufgelöster laserinduzierter Fluoreszenz hinsichtlich ihres Energietransferverhaltens untersucht. Dabei wurde u. a. der Effekt einer zur Carboxylgruppe benachbarten Hydroxylgruppe systematisch untersucht. In Feststoffproben von Terbium und Europium mit verschiedenen Aluminium-Silizium-Verhältnissen wurde die nicht-exponentielle Lumineszenzabklingkinetik der Lanthanid-Ionen, welche als ein Indiz für die Heterogenität der Sorptionsumgebungen gewertet werden kann, weiter untersucht.

AP2: Der Aufbau der Blitzlichtphotolyse ist abgeschlossen und eine Kalibrierung mit ersten Testverbindungen ist z. Z. in der Ausführung. Zeitgleich erfolgt eine Charakterisierung von Standardsubstanzen. Es wurden in den Experimenten die Zeitkonstanten der Grundzustandsausbleichung (*ground state depletion*) und der transienten Absorption bestimmt. Untersuchung mit Modellliganden werden z. Z. vorbereitet.

AP5: Mit Hilfe der zeitaufgelösten Fluoreszenz wurde die Konkurrenz zwischen Europium- und Calcium-Ionen bzw. zwischen Europium- und Kupfer-Ionen in Bezug auf Komplexbildung durch Huminstoffe untersucht. Kupfer- und Calcium-Ionen zeigten einen deutlich unterschiedlichen Effekt auf die Komplexbildung des dreiwertigen Europiums.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die geplanten Weiterarbeiten folgen den im Antrag formulierten Ablaufplan. Als nächste Arbeiten sind folgende geplant:

AP1: Im weiteren Verlauf sollen weitere heteroatomhaltige Liganden in Europium und Terbium-Komplexen mittels TRIFS untersucht werden. Die Untersuchungen werden dabei erst in homogener Lösung und im weiteren Verlauf in ternären Systemen durchgeführt.

AP2: Testmessungen von Triplett-Zuständen bekannter Systeme zur Kalibrierung der Apparatur werden abgeschlossen und Untersuchungen an Modellliganden werden intensiv fortgesetzt.

AP3: Die zeitaufgelöste Fluoreszenzanisotropie von FA und HA in Anwesenheit von Lanthanoid-Ionen und anorganischen Kolloiden wird weiter untersucht. Aus den Rotationskorrelationszeiten sollen Rückschlüsse auf die veränderte Größenverteilung durch die Metallkomplexbildung abgeleitet werden.

AP4: Weitere *stopped-flow* Untersuchungen an HA und FA werden die Datenbasis erweitern, um dann das unterschiedliche Zeitverhalten der beiden Huminstofffraktionen bei der Komplexbildung modellieren zu können

AP5: Die bereits begonnenen Arbeiten mit den Paaren $\text{Eu}^{3+}/\text{Cu}^{2+}$ und $\text{Eu}^{3+}/\text{Ca}^{2+}$ werden fortgeführt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 10226	
Vorhabensbezeichnung: Gasmigration im Opalinus Ton in Abhängigkeit vom Gasinjektionsdruck (unterhalb des Fracdruckes) Kurztitel: HG-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: 01.09.2006 bis 30.06.2008		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 562.553,00 EUR		Projektleiter: Dr. Jockwer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Opalinus-Ton des Mont Terri soll in Abhängigkeit vom Gasdruck für unterschiedliche Gase die Migration ermittelt werden. Es soll damit in Abhängigkeit vom Injektionsdruck erfasst werden, ob verschiedene Gaskomponenten mit unterschiedlichem Molekulargewicht und unterschiedlicher Löslichkeit im Wasser ein unterschiedliches Migrationsverhalten haben.

Dicht verschlossene Bohrungen parallel und senkrecht zur Schichtung werden mit einem Tracergasgemisch beaufschlagt. Der Injektionsdruck wird beginnend bei Atmosphärendruck stufenweise bis über den Formationswasserdruck (3 MPa) erhöht. Ist die jeweilige Druckstufe eingestellt, wird im Messvolumen der Druckverlauf aufgezeichnet. Die Beobachtungszeit jeder Druckstufe wird voraussichtlich zwei Monate dauern. Am Ende jeder Druckstufe werden die Komponenten des Tracergases in verschiedenen Messintervallen bestimmt.

Die Messtechnik ist in anderen Vorhaben bereits erprobt worden. Die Auswertung der Ergebnisse kann mit vorhandenen Verfahren durchgeführt werden. Die Daten sind für Auslegung von Endlagern in Tonformationen von Bedeutung.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Vorhaben untergliedert sich in:

- Injektion von Tracergasen unter Atmosphärendruck zur Bestimmung der Gasdiffusion
- Injektion von Tracergasen unterhalb des Formationswasserdruckes zur Bestimmung des Einphasenflusses im ungesättigten Porenraum
- Injektion von Tracergasen oberhalb des Formationswasserdruckes aber unterhalb des Fracdruckes zur Bestimmung des Zweiphasenflusses

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Testintervalle wurden mit dem Tracergasgemisch in den Druckstufen von 0,2; 0,5, 1,0; 1,5 und 2,0 MPa beaufschlagt. In jeder Druckstufe wurde das Intervall gasdicht verschlossen und der Druck über 4 Wochen aufgezeichnet. Dabei hat sich gezeigt, dass bereits unterhalb des Gaseintrittsdruckes die Gaskomponenten in messbaren Mengen ins umgebende Gebirge migrieren. In den Kontrollintervallen der Parallelbohrungen wurden Gasproben entnommen und auf die Tracergaskomponenten analysiert. In diesen Intervallen gab es bisher weder einen messbaren Druckanstieg noch konnten Tracergaskomponenten nachgewiesen werden. Genauere Auswertungen zu Versuchsende sollen zeigen, ob es sich um advektiven oder diffusiven Gasfluss handelt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Weitere Erhöhung des Gasdruckes in den Intervallen bis zum Gasdurchbruchdruck (erwartet wird ca. 3,5 MPa). Ermittlung des Gasflusses oberhalb des Gasdurchbruchdruckes. In den Kontrollintervallen der Parallelbohrungen werden weiterhin der Gasdruck aufgezeichnet sowie Gasproben entnommen und auf die Tracergaskomponenten analysiert, um den Gasfluss nach Menge und Richtung zu erfassen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 10236	
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Überprüfung und Kalibrierung eines THM-Modells zur Beschreibung des Langzeitverhaltens der Auflockerungszone im Steinsalz (MOLDAU)			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2006 bis 31.10.2009		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 197.000,00 EUR		Projektleiter: Wieczorek	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In dem Vorhaben werden Rechenmodelle mit thermisch, hydraulisch und mechanisch gekoppelten Stoffansätzen zur Beschreibung der Langzeitentwicklung der Auflockerungszone (Extension Disturbed Zone EDZ) um Hohlräume in Endlagern für radioaktive Abfälle im Salzgestein überprüft und auf Basis gezielter Laborversuche weiterentwickelt. Sofern in Auswertung der Laborversuche und Modellrechnungen notwendig, ist beabsichtigt, sicherheitlich relevante Eigenschaften und Prozesse in die PA-(Performance Assessment) Modelle zu übernehmen.

Das Vorhaben wird im Rahmen des Projektes THERESA von der Europäischen Union gefördert und vom Projektträger PTKA-WTE co-finanziert. Das oben genannte deutsche Verbundprojekt umfasst die Arbeiten der GRS, Bereich Endlagersicherheitsforschung in Braunschweig, der DBE TECHNOLOGY in Peine und des IfG Leipzig.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Erstellung eines Fragen- bzw. Aufgabenkatalogs (Issue Evaluation Table – IET) für die zielorientierte Bewertung und Verbesserung der Leistungsfähigkeit der vorhandenen Codes bzw. Modelle (wird von GRS und DBE TECHNOLOGY bearbeitet)
- AP2: Datensammlung zur Modellierung der Entwicklung und Rückbildung der EDZ sowie von hydraulisch-mechanischen Wechselwirkungen
- AP3: Modellkalibrierung und Integration der konstitutiven Modelle in die Rechencodes
- AP4: Benchmark-Laborversuch und Rechnungen mit dem modifizierten Stoffgesetz
- AP5: Durchführung von PA-Rechnungen unter Berücksichtigung der EDZ-Entwicklung (wird von GRS bearbeitet)
- AP6: Berichtserstellung

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Eine erste Version der Issue Evaluation Table für Steinsalz wurde fertig gestellt und mit den Projektpartnern abgestimmt. Die IET wird im weiteren Projektverlauf aktualisiert.
- AP2: Bezüglich der Datensammlung der EDZ-Modellierung wurden die Ergebnisse der Partner der Salzgruppe bei einem Treffen in Peine im Mai vorgestellt und die Struktur des zugehörigen Berichts (Deliverable D5 im THERESA-Projekt) festgelegt. D5 ist in Vorbereitung und wird auch Vorschläge zur Modellkalibrierung und dafür notwendige Laboruntersuchungen enthalten (AP3).
- AP4: Der Benchmark-Tests an einem großen gelochten Salzkern (D=280 mm, H= 700 mm) in der MTS-Prüfanlage der GRS wird zurzeit vorbereitet. Ein System aus Druckmesskissen auf Basis hydraulischer Pufferspeicherblasen als Messsystem zur Bestimmung des Quelldruckes des im Versuch vorgesehenen SVV-Materials wurde beschafft. Vorversuche mit diesem System laufen. Die Prüfanweisung zur Durchführung des Versuchs wurde festgelegt.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Zusammenstellung der gesammelten Daten und Erstellung eines Untersuchungsprogramms für ergänzende Laborexperimente (D5)
- Prüfung der im Code_Bright implementierten Stoffansätze mit den aus vorhandenen und zusätzlichen Laborexperimenten ermittelten mechanischen und hydraulischen Parameter
- Durchführung des Benchmark-Versuchs

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: DBE TECHNOLOGY GmbH, Eschenstraße 55, 31224 Peine		Förderkennzeichen: 02 E 10246	
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Überprüfung und Kalibrierung eines THM-Modells zur Beschreibung des Langzeitverhaltens der Auflockerungszone im Steinsalz (MOLDAU)			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten			
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2006 bis 31.10.2009		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 74.878,00 EUR		Projektleiter: Dr. Kreienmeyer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In dem Vorhaben werden Rechenmodelle mit thermisch, hydraulisch und mechanisch gekoppelten Stoffansätzen zur Beschreibung der Langzeitentwicklung der Auflockerungszone (Extension Disturbed Zone EDZ) um Hohlräume in Endlagern für radioaktive Abfälle im Salzgestein überprüft und auf Basis gezielter Laborversuche weiterentwickelt. Sofern in Auswertung der Laborversuche und Modellrechnungen notwendig, ist beabsichtigt, sicherheitlich relevante Eigenschaften und Prozesse in die PA-(Performance Assessment) Modelle zu übernehmen.

Das Vorhaben wird im Rahmen des Projektes THERESA von der Europäischen Union gefördert und vom Projektträger PTKA-WTE co-finanziert. Das oben genannte deutsche Verbundprojekt umfasst die Arbeiten der GRS, Bereich Endlagersicherheitsforschung in Braunschweig, der DBE TECHNOLOGY in Peine und des IfG Leipzig.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Erstellung eines Fragen- bzw. Aufgabenkatalogs (Issue Evaluation Table – IET) für die zielorientierte Bewertung und Verbesserung der Leistungsfähigkeit der vorhandenen Codes bzw. Modelle (wird von GRS und DBE TECHNOLOGY bearbeitet)
- AP2: Datensammlung zur Modellierung der Entwicklung und Rückbildung der EDZ sowie von hydraulisch-mechanischen Wechselwirkungen
- AP3: Modellkalibrierung und Integration der konstitutiven Modelle in die Rechencodes
- AP4: Benchmark-Laborversuch und Rechnungen mit dem modifizierten Stoffgesetz
- AP5: Durchführung von PA-Rechnungen unter Berücksichtigung der EDZ-Entwicklung (wird von GRS bearbeitet)
- AP6: Berichterstellung

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Zu den einzelnen Arbeitspaketen wurden bei DBE TECHNOLOGY im Berichtszeitraum folgende Arbeiten durchgeführt:

- AP1: Eine erste Version der Issue Evaluation Table für Steinsalz wurde fertig gestellt und mit den Projektpartnern abgestimmt. Die IET wird im weiteren Projektverlauf aktualisiert.
- AP2: Es wurde eine Literaturrecherche zu Laborversuchen, bei denen die Entwicklung der Auflockerungszone sowie der Zusammenhang Dilatanz - Permeabilität untersucht wurde, durchgeführt. Zudem wurde geprüft, inwieweit die vorhandenen Daten zur Kalibrierung der in FLAC3D bzw. PFC3D vorhandenen Stoffmodelle geeignet sind. Die Ergebnisse wurden den Partnern der Salzgruppe im Mai bei einem Treffen in Peine vorgestellt und in der Zuarbeit zum Bericht (Deliverable D5 im THERESA-Projekt) zusammengefasst.
- AP3: Zur Vorbereitung der Kalibrierungsberechnungen wurden erste Testrechnungen mit den vorhandenen Stoffmodellen durchgeführt.
- AP4-AP6: Keine

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Aktualisierung der Issue Evaluation Table (im 1. Quartal 2008)
- AP2: Mitarbeit an der Erstellung eines Untersuchungsprogramms für ergänzende Laborexperimente
- AP3: Auswahl von Laborversuchen zur Kalibrierung, Kalibrierungsrechnungen in FLAC3D

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: IfG Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Friederikenstraße 60, 04279 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 E 10256
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Überprüfung und Kalibrierung eines THM-Modells zur Beschreibung des Langzeitverhaltens der Auflockerungszone im Steinsalz (MOLDAU)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2006 bis 31.10.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 62.389,00 EUR	Projektleiter: Dr. Kamlot	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In dem Vorhaben werden Rechenmodelle mit thermisch, hydraulisch und mechanisch gekoppelten Stoffansätzen zur Beschreibung der Langzeitentwicklung der Auflockerungszone (Extension Disturbed Zone EDZ) um Hohlräume in Endlagern für radioaktive Abfälle im Salzgestein überprüft und auf Basis gezielter Laborversuche weiterentwickelt. Sofern sich in Auswertung der Laborversuche und Modellrechnungen die Notwendigkeit ergibt, ist beabsichtigt, sicherheitlich relevante Eigenschaften und Prozesse in die PA-(Performance Assessment) Modelle zu übernehmen.

Das Vorhaben wird im Rahmen des Projektes THERESA von der Europäischen Union gefördert und vom Projektträger PTKA-WTE co-finanziert. Das oben genannte deutsche Verbundprojekt umfasst die Arbeiten der GRS, Bereich Endlagersicherheitsforschung in Braunschweig, der DBE TECHNOLOGY in Peine und des IfG Leipzig.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Erstellung eines Fragen- bzw. Aufgabenkatalogs (Issue Evaluation Table IET) für die zielorientierte Bewertung und Verbesserung der Leistungsfähigkeit der vorhandenen Codes bzw. Modelle (wird von GRS und DBE TECHNOLOGY bearbeitet)
- AP2: Datensammlung zur Modellierung der Entwicklung und Rückbildung der EDZ sowie von hydraulisch-mechanischen Wechselwirkungen
- AP3: Modellkalibrierung und Integration der konstitutiven Modelle in die Rechencodes
- AP4: Benchmark-Laborversuch und Rechnungen mit dem modifizierten Stoffgesetz
- AP5: Durchführung von PA-Rechnungen unter Berücksichtigung der EDZ-Entwicklung (wird von GRS bearbeitet)
- AP6: Berichterstellung

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Berichtszeitraum fanden am 9. und 10. Januar das Kickoff Meeting in Stockholm sowie am 16. Mai ein Task Force Meeting zum WP3 in Peine statt und es wurde der Zwischenbericht D5 im Rahmen des Arbeitspaketes 3 erarbeitet. Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

Kickoff Meeting

- Festlegung und Abstimmung über die formale organisatorische Struktur (Consortium Agreement, Steering Committee, Scientific Advisory Committee).
- Erläuterung und Diskussion der Arbeitspakete.

Task Force Meeting

- Präsentation der Stoffgesetze Günther/Salzer und Minkley mit Zielstellung auf die Bildung und Verheilung einer ALZ.
- Die notwendigen Stoffparameter des Steinsalzes Na_2S der Asse zur Berechnung von Entfestigung und Dilatanz wurden im Verbundprojekt Stoffgesetzentwicklung (02C1024) festgelegt, mittels der Nachrechnung von Laborversuchen überprüft und können für das Projekt THERESA übernommen werden.
- Es wurden erste Vorstellungen zur Modellierung der hydraulisch-mechanischen Wechselwirkungen in einer dilatanten Auflockerungszone (Größe des effektiven Porenraumes, Anisotropien, Porositäts-Permeabilitäts-Relationen, Rückbildung der ALZ und hydraulische Konsequenzen, BIOT-Koeffizient in der ALZ) vorgestellt.

Zwischenbericht D5

- Erläuterung der Stoffgesetze Günther/Salzer und Minkley mit Zielstellung auf die Bildung und Verheilung einer ALZ.
- Kalibrierung der Stoffparameter der Asse-Steinsalzes Na_2S anhand von Festigkeits- und Kriechversuchen.
- Zusammenstellung aller Stoffparameter für die Anwendung im Projekt THERESA.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Weiterarbeit im Arbeitspaket 3 erfolgt gemäß dem Arbeitsplan mit den Schwerpunkten:

- Berechnung einer ALZ in einer Steinsalzstrecke und Vergleich der Stoffgesetze
- Hydraulisch-mechanisch gekoppelte Berechnung und Untersuchung der Anwendbarkeit beider Stoffansätze hinsichtlich der Aufgabenstellung
- Stoffgesetzkalibrierung und Integration notwendiger Parameter für gekoppelte Berechnungen

5. Berichte, Veröffentlichungen

Zuarbeit zu Deliverable 5

Auftragnehmer: Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) GmbH, Forschungsge- lände, 85748 Garching		Förderkennzeichen: 02 E 10266
Vorhabensbezeichnung: Numerische Modellierung der Dilatanz-induzierten, perkolativen Permeation in Salzgestein		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2006 bis 31.07.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 101.350,00 EUR	Projektleiter: Dr. Alkan	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines numerischen Modells für die Dilatanz-induzierte perkolative Permeationserhöhung im Steinsalz. Ein Perkulationsmodell für das Dilatanz-Permeabilitätsverhalten von Steinsalz wird basierend auf den vorliegenden Messdaten und Korrelationsanalysen entwickelt. Die Erklärung der dreistufigen Permeabilitätsänderung induziert durch Dilatanz bzw. deviatorische Spannungszustände in Steinsalz mit der Perkulationstheorie ist plausibel und bildet daher den Ausgangspunkt. Das Perkulationsmodell wird basierend auf den experimentellen Ergebnissen validiert. Die numerischen Daten werden mit experimentellen Ergebnissen verglichen und ihre Gültigkeit getestet.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Literatur und Korrelationsanalyse

Die vorliegenden experimentellen Ergebnisse über Dilatanz-Permeabilitätsverhalten für Steinsalz werden durchgearbeitet und im Hinblick auf das Perkulationsverhalten sowie das Verhalten diesseits und jenseits der Dilatanzgrenze mit relevanten Prozessparametern korreliert.

AP2: Triaxiale Experimente

Die Modellierung der kritischen Permeabilitätsentwicklung bzw. der Perkulation soll auch mit Mikrorissnetz-Parametern korrelierbar sein. Um diese Vorstellungen abzusichern und in der Modellentwicklung und Validierung berücksichtigen zu können, sind vier Deformations-/Kompressionsexperimente geplant. Steinsalzkerne mit möglichst unterschiedlicher Struktur werden unter triaxialen Spannungsbedingungen für die Entwicklung der Porosität und Permeabilität verwendet. Die Mikrorisseigenschaften dieser Kerne werden vor und nach den Experimenten gemessen und visualisiert.

AP3: Modellentwicklung

Ein Perkulationsmodell für das Dilatanz-Permeabilitätsverhalten von Steinsalz wird basierend auf den vorliegenden Messdaten und Korrelationsanalysen entwickelt.

AP4: Modellvalidierung und Parameterstudien

Das Perkolationsmodell wird basierend auf den experimentellen Ergebnissen validiert. Die numerischen Daten werden mit experimentellen Ergebnissen verglichen und ihre Gültigkeit getestet.

AP5: Dokumentation

Die durchgeführten Arbeiten und erzielten Ergebnisse werden schriftlich dokumentiert.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die geplanten Arbeiten zum AP1 wurden durchgeführt und abgeschlossen. Die zur Verfügung stehenden numerischen Ansätze und ihre Validierungsdaten wurden in Rahmen der Literaturrecherche erfasst und ausgewertet. Die experimentellen Ergebnisse und die empirischen Korrelationen des BMBF Projektes 02 C 0598, „Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des Gebirges in Verbindung mit der Planung von Verschlussbauwerken im Salinar, Teil 2; Hydraulische Modellbildung“ wurden im Besonderen ausgewertet und für die weiteren APs aufgearbeitet.

Die geplanten Deformations-/Kompressionsexperimente wurden durch das Institut für Aufbereitung und Deponietechnik (Dr.-Ing. U. Düsterloh), TU Clausthal durchgeführt. Vier Steinsalzkerne mit möglichst unterschiedlicher Struktur wurden unter den triaxialen Spannungsbedingungen zur Messung der Entwicklung von Porosität und Permeabilität unter den vom ISTec vordefinierten Randbedingungen verwendet. Die Messdaten (Spannungs-, Dilatanz- und Permeabilitätsverlauf als Funktion der Zeit und Struktur) sowie die belasteten Kerne an ISTec ausgeliefert. Für die Modellierung der Dilatanz-Permeabilitätsverhalten vom Steinsalz wurden numerische Ansätze basierend auf der Perkolationsstheorie entwickelt. Die Validierung und praktische Verwendbarkeit der Perkolationsmodelle wurden anhand des vorigen BMBF Projekts 02C0598 und in dessen Rahmen durchgeführten Experimente (TU Clausthal) getestet. Die Ergebnisse dieser Experimente wurden diskutiert. Eine Sensitivitätsanalyse der relevanten Parameter wurde mit dem repräsentativsten Ansatz durchgeführt und die Ergebnisse wurden diskutiert.

4. Geplante Weiterarbeiten

Der Abschlussbericht ist in Vorbereitung.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 10276	
Vorhabensbezeichnung: Weiterentwicklung sicherheitsanalytischer Methoden zur Vorbereitung eines Safety Case in Deutschland -WESAM-			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2006 bis 30.09.2009		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 778.575,00 EUR		Projektleiter: Dr. Rübel	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

WESAM stellt im Wesentlichen das nationale Ko-Vorhaben für die Arbeiten der GRS-Braunschweig im Rahmen des integrierten Projektes (IP) PAMINA dar, das im 6. Rahmenprogramm der Europäischen Union von Oktober 2006 bis September 2009 durchgeführt wird. Das übergeordnete Ziel des IP PAMINA und damit auch von WESAM besteht in der Verbesserung und Harmonisierung von Methoden und Rechenprogrammen für die integrierte Langzeitsicherheitsanalyse für unterschiedliche Konzepte zur Entsorgung langlebiger radioaktiver Abfälle und bestrahlter Brennelemente in tiefen geologischen Formationen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Struktur von WESAM entspricht jener des Projektes PAMINA und beinhaltet vier Arbeitspakete:

Im ersten Arbeitspaket wird ein umfassender Überblick über den internationalen Stand der Methoden und Ansätze bei der Langzeitsicherheitsanalyse und beim Safety Case erarbeitet. Dabei werden auch die Defizite methodischer Natur, bei den eingesetzten Werkzeugen und der Qualität der benötigten Daten identifiziert.

Im zweiten Arbeitspaket erfolgt eine Weiterentwicklung von Methoden für probabilistische Modellrechnungen, wobei vor allem die Methoden zur Bestimmung von Verteilungsfunktionen und neue mathematische Methoden zur Sensitivitätsanalyse untersucht werden.

Im dritten Arbeitspaket werden die Bedeutung von Sicherheitsfunktionen bei der Ableitung von Szenarien und vor allem die Nutzung von Sicherheits- und Funktionsindikatoren für Endlager in Salz- und Tonformationen betrachtet.

Im vierten Arbeitspaket wird die Bedeutung von komplexen Modellansätzen in integrierten Sicherheitsanalysen untersucht. Dies geschieht mit Hilfe vergleichender Rechnungen verschiedener Organisationen und Rechenprogramme. Dabei sollen Einzeleffekte in einem Endlager im Salz betrachtet, sowie der Einfluss der Komplexität der Fernfeldmodelle betrachtet werden.

In einigen Punkten geht die Bearbeitungstiefe in WESAM über die von PAMINA hinaus. Dies betrifft die Arbeiten zu den Unsicherheiten, die Sicherheitsindikatoren und die Modellierung mit Hilfe komplexer Modellansätze.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Es wurde eine erste Version der Dokumente für den Review der nationalen Arbeiten in den Gebieten „Sicherheits- und Funktionsindikatoren“ und „Unsicherheiten und Unsicherheitsanalyse“ erstellt. Zu diesen beiden Themengebieten ist die GRS auch Taskleader, so dass auch die Beiträge der anderen Teilnehmer begutachtet wurden.
- AP2: Teilnahme an einem Workshop zur Koordination der unter RTDC2 in PAMINA geplanten Arbeiten. Es wurde ein Arbeitsplan zur Durchführung der ersten Arbeiten in diesem Arbeitspaket erstellt.
- AP3: Im Arbeitsgebiet „Sicherheitsindikatoren“ wurde das Referenzkonzept für ein Endlager im Salz entwickelt. Dieses lehnt sich an die Ergebnisse des Projektes ISIBEL an, verwendet aber eine erweiterte Endlagerstruktur entsprechend dem vollständigen Radionuklidinventar. Die Modellstruktur für das Programm LOPOS wurde erstellt und das Rechenmodell für den Dosisindikator erfolgreich getestet. Im PAMINA-Workpackage 3.4 zu den Sicherheitsindikatoren ist die GRS Workpackageleader. Zur Abstimmung der Arbeiten zwischen den internationalen Partnern wurde ein Workshop in Amsterdam organisiert und durchgeführt.
- AP4: Im AS2 wurden vier Rechenfälle mit jeweils mehreren Unterfällen zur Modellierung des Konvergenzprozesses erstellt, dokumentiert und mit den Partnern DBE und NRG abgestimmt. Die ersten beiden Unterfälle der Rechenfalls 1 wurden mit den Ergebnissen gebirgsmechanischer Rechnungen der DBE verglichen und eine zufrieden stellende Übereinstimmung ermittelt. Begonnen wurden die Arbeiten im AS1 zur Modellierung des Laugenzutritts in eine verfüllte Strecke mit der Zusammenstellung des mathematischen Hintergrundes des Zuflussprozesses. Im AS4 wurde der erste Testfall zur Berücksichtigung geometrischer Komplexität bei Transportmodellen im Fernfeld festgelegt. Dieser erste Testfall basiert auf dem vereinfachenden Modell im kürzlich veröffentlichten Jahrbuch der BGR zum Deckgebirge Gorleben.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Fertigstellung und Vereinheitlichung der verschiedenen Reviews zu den Themengebieten „Sicherheits- und Funktionsindikatoren“ und „Unsicherheiten und Unsicherheitsanalyse“. Festlegung der nächsten vier Themengebiete für den nächsten Schritt des Reviews.
- AP2: Beginn mit der Erstellung von Kriterien zur Bestimmung von Verteilungsfunktionen im AS1. Definition des Referenzkonzeptes für die Durchführung der Sensitivitätsanalysen im AS2. Dieses Konzept soll auf jenem für die Berechnung der Sicherheitsindikatoren im AP3 basieren.
- AP3: Festlegung der ersten zu betrachtenden Sicherheitsindikatoren und Erstellung des Referenzkonzeptes für Ton, basierend auf den Ergebnissen des Projektes TONI.
- AP4: Fortführung der Modellierung des Konvergenzprozesses für die weiteren Testfälle und Vergleich der Ergebnisse mit jenen von NRG und DBE. Definition der Testfälle zur Untersuchung des Laugenzutritts in eine verfüllte Strecke und Festlegung des zu verwendenden Vergleichscodes. Beginn der Rechnungen für das vereinfachte Modell zum Transport im Fernfeld mit d^3f und r^3t und Durchführung von Vergleichsrechnungen mit dem integrierten Modell CHET.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: DBE TECHNOLOGY GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine		Förderkennzeichen: 02 E 10286
Vorhabensbezeichnung: Referenzkonzept für ein Endlager für radioaktive Abfälle in Tongestein (ERATO)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2006 bis 30.09.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 524.906,00 EUR	Projektleiter: Dr. Pöhler	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Gesamtziel des Vorhabens besteht in der Entwicklung eines Konzeptes für ein Endlager im Ton in Deutschland. Dabei soll zunächst der Stand der internationalen Erfahrungen bei der Standortsuche und Erkundung von Endlagern in Tonformationen zusammengestellt und auf Übertragbarkeit überprüft werden. Die vorgesehenen Planungen konzentrieren sich auf die Auslegung, die bergmännische und bautechnische Herstellung bzw. Ausbau von unterirdischen Grubenräumen in Tonformationen, die Auswahl von Behältermaterialien und -konzepten sowie die entsprechenden Einrichtungen und Geräte zum Betreiben eines Endlagers im Tongestein. Darüber hinaus werden Fragen zu Safeguards und zu dem erforderlichen Aufwand zur Errichtung und zum Betrieb eines solchen Endlagers behandelt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Im Einzelnen sind folgende Arbeitspakete vorgesehen:

- AP1: Ermittlung des aktuellen Standes von Wissenschaft und Technik zur Standortsuche und -erkundung im Tonstein
- AP2: Ermittlung der Methoden und Verfahren zur Herstellung von Erkundungsbohrungen und Schächten im Tonstein
- Herstellung von Grubenbauen im Tongestein
 - Ermittlung der praktischen Erfahrungen bei der übertägigen Aufhaldung von bergmännisch aufgefahretem Tongestein im Hinblick auf eine spätere Nutzung als Verfüllmaterial
- AP3: Konzeptionelle Planung eines Endlagers anhand vorher ermittelter Daten und Abfallmengen
- Erstellung eines Referenzdatensatzes (Daten für einen Referenzstandort)
 - Behälterkonzepte und Abfallmengen
 - Thermische Auslegungsrechnungen
 - Grubengebäudeplanung
 - Vortriebs- und Bohrtechnik
 - Transport-/Einlagerungssysteme
 - Bewetterung/Strahlenschutz
 - Verfüll-/Verschlusskonzept
- AP4: Safeguards
- AP5: Abschätzen des Aufwandes für die Planung, Genehmigung und Realisierung eines Endlagers im Tonstein
- AP6: Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Der Teilbericht zur Standortsuche und -erkundung im Tonstein wurde im Entwurf fertig gestellt.

AP2: Die Recherche und Zusammenstellung der Verfahren zur Herstellung von Grubenbauen im Tongestein wurde planmäßig durch ein externes Unternehmen weiter bearbeitet.

AP3: Die Daten für einen Referenzstandort wurden zusammen gestellt.

Hinsichtlich der für eine Endlagerung im Tongestein infrage kommenden hoch radioaktiven und Wärme entwickelnden Abfallmengen wurde das Abfallmengengerüst basierend auf aktuellen Zahlen festgelegt.

Mit dem Ziel, eine Bewertung einer möglichen Adaption der für eine Endlagerung im Salz vorgesehenen Endlagerbehälter und Einlagerungstechnologien im Tongestein vorzunehmen, erfolgte eine Auswertung der Einlagerungskonzepte im Tongestein in den Ländern Schweiz, Frankreich und Belgien. Aufbauend auf den FuE-Vorhaben GEIST und GENESIS werden im Rahmen dieses Vorhabens für die Endlagerung ausgedienter Brennelemente 2 Hauptvarianten für die Grubengebäudeplanung betrachtet:

- Bohrlochlagerung von BSK3 (3 BE) in vertikalen Bohrlöchern (Tiefe ca. 50 m) und
- Streckenlagerung von POLLUX-3 (3 BE)

Für Wiederaufarbeitungsabfälle (Kokillen) ist die Endlagerung nur in vertikalen Bohrlöchern mit einer Tiefe von ca. 50 m vorgesehen.

Hinsichtlich der Grubengebäudeplanung wurde für die Hauptvarianten der grundsätzliche Zuschnitt der Einlagerungsfelder so festgelegt, dass jedes Einlagerungsfeld an 3 parallel verlaufende Richtstrecken angeschlossen ist:

- 1 Richtstrecke für Auffahrung Einlagerungsstrecken/Haufwerkstransporte/ Herstellung Bohrlöcher sowie Frischwetterweg (Überwachungsbereich)
- 1 Richtstrecke für Gebindettransport sowie Frischwetterweg (Kontrollbereich)
- 1 Richtstrecke gemeinsamer Abwetterweg (Kontrollbereich)

Für die Hauptvarianten Bohrloch- und Streckenlagerung von ausgedienten Brennelementen wurden hinsichtlich der Transport- und Einlagerungssysteme verschiedene Varianten untersucht mit der Zielsetzung, sowohl für die Bohrlochlagerung als auch für die Streckenlagerung auf der Basis von ausgewählten Bewertungskriterien jeweils eine Vorzugsvariante zu erhalten. Darauf aufbauend sollen in einem anschließenden Bewertungsschritt die beiden Vorzugsvarianten gegenüber gestellt und die dem weiteren Verlauf der Bearbeitung zugrunde zulegende Variante ermittelt werden.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Fortführung der Arbeiten ist in Übereinstimmung mit der Vorhabensplanung vorgesehen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Regina-Pacis-Weg 3, 53113 Bonn		Förderkennzeichen: 02 E 10296
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben: Weiterentwicklung der Rechenprogramme d^3f und r^3t - Visualisierung und Datenanalyse		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2006 bis 30.09.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 82.938,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Rumpf	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit der Entwicklung der Programmpakete d^3f und r^3t stehen Werkzeuge zur Modellierung der salzgetriebenen Dichteströmung und des Radionuklidtransportes durch poröse Medien zur Verfügung. Im Rahmen dieser Projekte haben die Arbeitsgruppen in Bonn und Freiburg Visualisierungswerkzeuge für die großen und komplexen Datensätze in 2D und vor allem in 3D entwickelt. Diese Werkzeuge sollen nun weiterentwickelt werden und den neuen Fragestellungen im Zusammenhang mit Kluftgeometrien und freien Oberflächen angepasst werden.

Diese Visualisierung soll hierarchisch konzipiert werden. D. h. in der interaktiven Exploration werden grobe Repräsentationen der Daten bereitgestellt, die effektiv in Echtzeit zeitlich animiert oder räumlich skaliert und gedreht werden können. Finale graphische Ergebnisse und Animationen sollen hingegen den vollen Detailreichtum der Simulationen widerspiegeln.

Die Datenanalyse dreidimensionaler zeitabhängiger Daten erfordert lokalisierte Techniken der Visualisierung. D. h. es soll möglich sein an Raumpunkten über die Zeit, oder auf Kurven in Raumzeit, oder auch auf Domänengrenzen über die Zeit, die Entwicklung skalarer oder vektorieller sowie akkumulierter Größen auszulesen und graphisch aufzubereiten.

Schon im Projekt r^3t wurden Multiskalen-Bildverarbeitungstechniken entwickelt, um die Strömungsfelder und den Transport von Schadstoffen visuell angemessen aufzubereiten und damit ein Verständnis der simulierten Prozesse zu ermöglichen. Diese Methoden sollen nun vor allem in Hinblick auf dreidimensionale Strömungen mit Schadstofftransport weiterentwickelt werden.

Die Untersuchungen werden in Zusammenarbeit mit der GRS (Dr. E. Fein), Uni Jena (Prof. Attinger), der Uni Freiberg (Prof. Kröner) und der Uni Heidelberg (Prof. Wittum) durchgeführt. Zusätzlich ist auch das Steinbeis-Forschungszentrum (Dr. Heisig) über einen Unterauftrag eingebunden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Bei der Durchführung des Verbundvorhabens werden folgende Arbeitspakete bearbeitet:

AP9: Visualisierung und Datenanalyse (Arbeitsgruppe Rumpf)

AP10: Visualisierung und Datenanalyse (Arbeitsgruppe Rumpf)

Schwerpunkt der Arbeitsgruppe Kröner ist hierbei die Entwicklung effizienter Diskretisierungsverfahren für die hier zu entwickelnden numerischen Methoden zur Datenanalyse. Schwerpunkt der Arbeitsgruppe Rumpf ist die Entwicklung von hierarchischen Datenanalysemethoden und Postprocessing-Methoden basierend auf dreidimensionaler morphologischer Bildverarbeitung.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Zunächst wurde die Visualisierungsplattform GRAPE an die aktuellen Datenformate angepasst und die zum 1.3.2007 eingestellte Mitarbeiterin Frau Dipl. Math. Nadine Olischläger eingearbeitet.

Im Zusammenhang mit den Visualisierungswerkzeugen wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

Eine erste Version einer Visualisierungsmethode für freie Oberflächen gegeben als Niveauflächenfunktion wurde basierend auf einer Marching-Cube-artigen Niveaufächendarstellung realisiert. Diese wurde im Zusammenspiel mit anderen Visualisierungswerkzeugen getestet.

Die Darstellung „stochastischer“ Inputdaten wie zum Beispiel Permeabilität soll mit Hilfe von Hardware-unterstützten Texturierungsmethoden erfolgen. Hier wurden erste Tests im Zusammenspiel mit der Darstellung von Schnittebenen durchgeführt.

Die Weiterentwicklung der Bilanzierungswerkzeuge (Massen- und Volumenströme) wurde begonnen.

Im Kontext der Multiskalenmethoden wurde ein Cluster-Verfahren basierend auf dem Mumford-Shah-Ansatz aus der Bildverarbeitung konzipiert. Hierbei wird ein Strömungsfeld in Bereiche unterteilt werden, welche lokal durch ein einfaches Strömungsprofil - Wirbel, Stau-punkt, Scherströmung, laminare Strömung - beschrieben werden können. Dieser Ansatz soll später ausgebaut werden im Zusammenhang mit Dichten oder Nuklid-Konzentrationen.

Statistisch gesehen wird hier ein Ähnlichkeitsmaß verwendet, welches das Geschwindigkeitsfeld lokal mit einem affinen Feld vergleicht. Als Prior wird der Perimeter der Segmentierungsregionen verwendet.

Algorithmisch soll diese Methode umgesetzt werden mit Hilfe des von Chan und Vese 2001 vorgeschlagenen Niveauflächenverfahrens. In einem Vorbereitungsschritt wurde zunächst das klassische Mumford-Shah-Verfahren zur Segmentierung eines Bildes in 2^n Bereiche implementiert.

Am 13.6. wurde bei einem Arbeitsbesuch von Dr. E. Fein und Frau A. Schneider eine Detailplanung der in 2007 durchzuführenden Arbeiten aufgestellt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten werden entsprechend der im Antrag angegebenen Vorgehensweise weitergeführt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Fahnenbergplatz, 79098 Freiburg		Förderkennzeichen: 02 E 10306
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben: Weiterentwicklung der Rechenprogramme d ³ f und r ³ t - Entwicklung effizienter Diskretisierungsverfahren für die zu entwickelnden numerischen Verfahren zur Datenanalyse		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2006 bis 30.09.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 94.760,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Kröner	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit der Entwicklung der Programmpakete d³f und r³t stehen Werkzeuge zur Modellierung der salzgetriebenen Dichteströmung und des Radionuklidtransportes durch poröse Medien zur Verfügung. Ziel des Projektes ist die Weiterentwicklung der in diesem Rahmen entstandenen Visualisierungswerkzeuge. Im Vordergrund steht dabei die Anpassung an die neuen Fragestellungen, die im Zusammenhang mit Kluftgeometrien und freien Oberflächen entstehen.

Dabei soll bei der Visualisierung ein hierarchisches Konzept verfolgt werden, das sowohl die interaktive Exploration grober Repräsentationen der Daten ermöglicht, als auch den vollen Detailreichtum der Simulationen widerspiegeln kann.

Die Datenanalyse dreidimensionaler zeitabhängiger Daten erfordert lokalisierte Techniken der Visualisierung. D. h. es soll möglich sein, an Raumpunkten über die Zeit oder auf Kurven in Raumzeit oder auch auf Domänengrenzen über die Zeit, die Entwicklung skalarer oder vektorieller sowie akkumulierter Größen auszulesen und graphisch aufzubereiten.

Die im Projekt r³t entwickelten Multiskalen-Bildverarbeitungstechniken, um die Strömungsfelder und den Transport von Schadstoffen visuell angemessen aufzubereiten, sollen nun vor allem in Hinblick auf dreidimensionale Strömungen mit Schadstofftransport weiterentwickelt werden.

Die Untersuchungen werden in Zusammenarbeit mit der GRS (Dr. E. Fein), Uni Jena (Prof. Attinger), der Uni Bonn (Prof. Rumpf) und der Uni Heidelberg (Prof. Wittum) durchgeführt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Bei der Durchführung des Verbundvorhabens werden folgende Arbeitspakete bearbeitet:

AP9: Visualisierung und Datenanalyse (Arbeitsgruppe Kröner)

AP10: Visualisierung und Datenanalyse (Arbeitsgruppe Kröner)

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Am 11.07.07 hat ein erstes Treffen mit der Arbeitsgruppe von Herrn Rumpf stattgefunden. Dabei wurden die ersten zu bearbeitenden Schritte des Arbeitsprogramms AP9 besprochen. Ein zweites Arbeitstreffen fand vom 20.-25.8. in Bonn statt. Hierbei hat Herr Kränkel mit der Mitarbeiterin von Herrn Rumpf, Frau Olischläger begonnen sich in die Grape-Programmierung einzuarbeiten. Dabei wurde der wichtigste Schritt für das Statustreffen im Oktober erreicht. Wir haben eine Methode implementiert die es ermöglicht, dreidimensionale Daten auf beliebigen Schnittflächen eines 3d-Gitters darzustellen. Konkret wird es sich dabei um stochastische Permeabilitätsdaten handeln, die mit unserer Methode als Texturen in voller Auflösung unabhängig von der Gitterfeinheit dargestellt werden können. Dazu wird ein so genanntes Clipmesh benutzt, das die Schnittfläche der Ebene mit dem 3d-Gitter als 2d-Gitter realisiert. Auf die zu rändernden Dreiecke des 2d-Gitters wird nun unter Verwendung der entsprechenden OpenGL-Routine eine 3d-Textur projiziert. Die Auswahl der Schnittebene und der gewünschten Textur erfolgt interaktiv. Des Weiteren können die Texturen mit einer Colorbar farblich angepasst werden.

4. Geplante Weiterarbeiten

Bei dem Treffen in Bonn wurde folgendes Programm erarbeitet: Bis zu dem Statusgespräch am 22. bis 23. Oktober 2007 sollen folgende Visualisierungsfeatures realisiert werden: Daten, die gewissen Teilgebieten des Rechengitters zugeordnet sind, sollen auf den jeweiligen Teilgebieten visualisiert werden.

Als weiteres Vorgehen nach dem Statusgespräch sind folgende Schritte vorgesehen:

- Visualisierung von Klüften
- Darstellung von Quellen und Senken, nach dem entsprechende Daten eingelesen wurden.
- Entwicklung von Integrationsmethoden zur Bilanzierung von Schadstoffmassen über bestimmte Subdomains.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena		Förderkennzeichen: 02 E 10316
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben: Weiterentwicklung der Rechenprogramme d^3f und r^3t - Skalierung von halinen und thermohalinen Strömungen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2006 bis 30.09.2009		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtkosten des Vorhabens: 82.404,00 EUR		Projektleiter: Prof. Dr. Attinger

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit der Entwicklung der Programmpakete d^3f und r^3t stehen Werkzeuge zur Modellierung der salzgetriebenen Dichteströmung und des Radionuklidtransportes durch poröse Medien zur Verfügung. Um die Anwendbarkeit der beiden Programmpakete auch auf die Wirtsfornationen Ton und Kristallin auszudehnen, ist eine Weiterentwicklung zur expliziten Berücksichtigung von Klüften und Kluftsystemen Voraussetzung. Bei der Modellierung von Einflüssen durch Klimaveränderungen kann der Wärmetransport nicht mehr vernachlässigt werden. Deshalb wird die Modellierung der Dichteströmung auf den Einfluss des Wärmetransportes ausgedehnt. Hierzu wird das Skalenverhalten von thermohalinen Strömungen in heterogenen Medien untersucht. Um Modellierungen im oberflächennahen Bereich zu ermöglichen, wird auch die Berücksichtigung von phreatischen und Potentialströmungen ermöglicht. Selbstverständlich werden auch Prä- und Postprozessoren zur Dateneingabe und zur Ergebnisdarstellung den erweiterten Anforderungen angepasst.

Die Untersuchungen werden in Zusammenarbeit mit der Uni Jena (Prof. Attinger), der Uni Freiberg (Prof. Kröner), der Uni Bonn (Prof. Rumpf) und der Uni Heidelberg (Prof. Wittum) durchgeführt. Zusätzlich ist auch das Steinbeis-Forschungszentrum (Dr. Heisig) über einen Unterauftrag eingebunden. Zusätzlich ist auch das Steinbeis-Forschungszentrum (Dr. Heisig) über einen Unterauftrag eingebunden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Bei der Durchführung des Verbundvorhabens werden folgende Arbeitspakete von der Gruppe Attinger (Universität Jena) bearbeitet:

- AP5: Skalierung von halinen und thermohaliner Strömungen in heterogenen geologischen Medien
- WP1: Stabilitätsanalyse von halinen und thermohalinen Strömungen in heterogenen geologischen Medien
- WP2: Skalierung von halinen und thermohalinen Strömungen in heterogenen geologischen Medien

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Es wurde mit der Bearbeitung von WP1 fortgefahren. Es wurde eine lineare Stabilitätsanalyse mit einer Mehrskalentwicklung verbunden und die Stabilitätskriterien für haline Strömungen in heterogenen geologischen Medien aufgestellt. Es liegen dafür analytische Ergebnisse in niedrigster Ordnung Störungstheorie der geologischen Heterogenitäten und im Limes langer Zeiten vor.

Ergebnisse:

1. Heterogenitäten können haline Strömungen auf den Längenskalen der Heterogenitäten stabilisieren.
2. Heterogenitäten führen zu einem transient stabilen Regime.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten werden entsprechend der im Antrag angegebenen Vorgehensweise fortgesetzt.

Es ist geplant:

1. Die oben skizzierten theoretischen Ergebnisse sowohl numerisch mit d^3f zu verifizieren.
2. Experimentelle Ergebnisse von instabilen haline Strömungen aus den Vorläuferprojekten mit den Förderkennzeichen 02C0254 (GSF) und 02C0465 (GRS) zu benutzen, um die theoretischen Ergebnisse mit ihnen zu vergleichen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Vortrag auf der SIAM Geosciences 2007 (Santa Fe) : „Beyond homogenization – New scaling approaches for density dependent flows“, Sabine Attinger, Sascha Oswald und Rudolf Held

Zuwendungsempfänger: Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Grabengasse 1, 69117 Heidelberg		Förderkennzeichen: 02 E 10326
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben: Weiterentwicklung der Rechenprogramme d^3f und r^3t - Modellierung des Wärmetransports und Modellierung freier Oberflächen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2006 bis 30.09.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 654.710,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Wittum	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Projekts ist die Modellierung des Wärmetransports in d^3f (AP6) und die Modellierung freier Oberflächen in d^3f und r^3t (AP8) einzubringen.

Zur Einbeziehung der Kopplung muss zusätzlich die Energiegleichung aufgestellt und in das Modell eingekoppelt werden. Zur Diskretisierung werden die bestehenden Finite-Volumen-Verfahren und neuartige unstetige Galerkin-Methoden herangezogen. Das entstehende algebraische System wird mit Hilfe von Mehrgitterverfahren voll gekoppelt gelöst. Hierzu muss das bestehende Lösungsverfahren erweitert und in wesentlichen Teilen neu entwickelt und implementiert werden. Alles muss in die Parallelisierung einbezogen werden. Zur Modellierung der freien Oberfläche muss zunächst eine stabile Beschreibung der freien Oberfläche und des ortsabhängigen Eintrags in den Grundwasserleiter erstellt werden. Das effektive Modell aus AP5 (Skalierung von halinen und thermohalinen Strömungen) muss hier numerisch gelöst werden.

Die Ergebnisse werden zusammen mit den Projektpartnern verwertet. Das Simulationssystem UG ist weltweit über 350-mal lizenziert. Diese Nutzergemeinde ist eine ausgezeichnete Plattform zur Verbreitung und Verwertung der Projektergebnisse.

Es erfolgt eine Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS), Braunschweig, dem Institut für Numerische Simulation der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, dem Mathematischen Institut der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg und dem Institut für Geowissenschaften der Universität Jena.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP6: Modellierung des Wärmetransports

- Aufstellen und Einkoppeln der Energiegleichung : Boussinesq-Approximation
- Aufstellen und Einkoppeln der Energiegleichung : volles Modell
- Diskretisierung: Finite Volumen
- Diskretisierung: Unstetiges Galerkin-Verfahren, Ordnungadaptivität

- Löser: Geometrisches Mehrgitter
- Löser: FAMG
- Validierung und Tests

AP8: Modellierung freier Oberflächen und Potentialströmungen in d^3f und r^3t

- Formulierung des Problems der freien Oberfläche
- Diskretisierungsverfahren
- Löser
- Validierung und Tests

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die folgenden Arbeiten wurden vom Lehrstuhl für Technische Simulation im Berichtszeitraum durchgeführt.

AP6: Modellierung des Wärmetransports

- Aufstellen und Einkoppeln der Energiegleichung: Boussinesq-Approximation
- Untersuchung zu Diskretisierungsverfahren: Finite Volumen höherer Ordnung

AP8: Modellierung freier Oberflächen und Potentialströmungen in d^3f und r^3t

- Formulierung des Problems der freien Oberfläche
- Untersuchung zu Verfahren für freie Oberflächen: Level-Set-Methoden

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten werden entsprechend der im Auftrag angegebenen Vorgehensweise fortgesetzt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 10336
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben: Weiterentwicklung der Rechenprogramme d ³ f und r ³ t		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2006 bis 31.03.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.288.348,00 EUR	Projektleiter: Dr. Fein	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit der Entwicklung der Programmpakete d³f und r³t stehen Werkzeuge zur Modellierung der salzgetriebenen Dichteströmung und des Radionuklidtransportes durch poröse Medien zur Verfügung. Um die Anwendbarkeit der beiden Programmpakete auch auf die Wirtsfaltungen Ton und Kristallin auszudehnen, ist eine Weiterentwicklung zur expliziten Berücksichtigung von Klüften und Kluftsystemen Voraussetzung. Bei der Modellierung von Einflüssen durch Klimaveränderungen kann der Wärmetransport nicht mehr vernachlässigt werden. Deshalb wird die Modellierung der Dichteströmung auf den Einfluss des Wärmetransportes ausgedehnt. Hierzu wird das Skalenverhalten von thermohalinen Strömungen in heterogenen Medien untersucht. Um Modellierungen im oberflächennahen Bereich zu ermöglichen, wird auch die Berücksichtigung von phreatischen und Potentialströmungen ermöglicht. Selbstverständlich werden auch Prä- und Postprozessoren zur Dateneingabe und zur Ergebnisdarstellung den erweiterten Anforderungen angepasst.

Die Untersuchungen werden in Zusammenarbeit mit der Uni Jena (Prof. Attinger), der Uni Freiberg (Prof. Kröner), der Uni Bonn (Prof. Rumpf) und der Uni Heidelberg (Prof. Wittum) durchgeführt. Zusätzlich ist auch das Steinbeis-Forschungszentrum (Dr. Heisig) über einen Unterauftrag eingebunden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Bei der Durchführung des Verbundvorhabens werden folgende Arbeitspakete von der GRS bearbeitet:

AP1: Leitung des Vorhabens

AP2: Detailplanung und Entwicklung der Benutzeroberfläche

AP3: Testrechnungen

AS4: Erstellung eines gemeinsamen Abschlussberichtes, Fortschreibung der Anwenderhandbücher und der Testfallsammlungen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die GRS hat mit Wirkung vom 30. November 2006 mit den Mitgliedern des Verbundprojektes und den zugehörigen Universitätsverwaltungen einen Kooperationsvertrag, der die Zusammenarbeit regelt, abgeschlossen.

Weiterhin wurde am 14./18. Juni 2007 ein Unterauftrag unter der Kurzbezeichnung „Kluftmodellierung in d^3f und r^3t “ mit Wirkung vom 1. Januar 2007 an die Steinbeis Forschungs- und Entwicklungszentren GmbH, Betriebsteil: Forschungszentrum Technische Simulation, vergeben. Die Arbeiten wurden Anfang Januar aufgenommen. Es wurde die zwei- bzw. dreidimensionale Formulierung der Dichteströmung und des Schadstofftransports unter Berücksichtigung von Klüften erarbeitet.

Am 13. Februar 2007 fand in Heidelberg das 1. Statusgespräch statt. Hier gaben die Mitglieder des Verbundprojektes einen Überblick über den Stand der d^3f - und r^3t -Entwicklung und ihre geplanten Arbeiten.

Die Detailplanung und die Anforderungen für die Entwicklung der Benutzeroberfläche für die Erweiterung der Rechenprogramme wurden fortgesetzt. Dazu fand am 13. Juni ein Treffen mit der Arbeitsgruppe von Prof. Rumpf in Bonn statt. Dabei wurden die durchzuführenden Arbeiten und die Reihenfolge der Abarbeitung festgelegt.

Zurzeit wird eine Homepage über das Projekt E-DuR erstellt, über die auch eine schnelle interne Kommunikation zwischen den Projektpartnern und dem Unterauftragnehmer stattfinden soll.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten werden entsprechend der im Antrag angegebenen Vorgehensweise fortgesetzt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: DBE TECHNOLOGY GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine		Förderkennzeichen: 02 E 10346
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung und Umsetzung von technischen Konzepten für tiefe geologische Endlager in allen Wirtsgesteinen (EUGENIA)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2007 bis 31.12.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 359.280,00 EUR	Projektleiter: Bollingerfehr	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das vorliegende Vorhaben wird gemeinsam mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) durchgeführt. Es hat zum Ziel, den internationalen Kenntnisstand zu den verschiedenen länderspezifischen Konzepten für HAW-Endlager in den Wirtsgesteinen Salz, Tonstein und Magmatit sowie zu den Verfahren und Ergebnissen der weltweit durchgeführten Arbeiten zur Suche und Erkundung von Standorten für die Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle zusammenzustellen und zu bewerten. Schwerpunktmäßig werden die in Deutschland erzielten umfangreichen FuE-Ergebnisse zur Entwicklung von Endlagerkonzepten, Einlagerungs- und Transporttechniken und geotechnischen Barriersystemen für ein HAW-Endlager im Salz sowie der erreichte fortgeschrittene Stand der Erkundung eines potenziellen Endlagerstandortes am Beispiel der über- und untertägigen Erkundung des Salzstocks Gorleben dargestellt. Ergänzend dazu werden die in Deutschland seit Anfang der 90-iger Jahre bezüglich der HAW-Endlagerung in Magmatiten und Tonstein erzielten Untersuchungsergebnisse zur Auswahl potenziell geeigneter Endlagerregionen bzw. -standorte zusammengefasst und mit den in anderen Ländern durchgeführten Such- und Erkundungsarbeiten verglichen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Zusammenstellung internationaler Konzepte zur Endlagerung in tiefen Gesteinsformationen (DBE TECHNOLOGY)
- AP2: Sicherheitskonzepte für Endlager in tiefen Gesteinsformationen (DBE TECHNOLOGY)
- AP3: Standortsuche und Standorterkundung (BGR)
- AP4: Geologische Modelle und Standortrandbedingungen für HAW-Endlager in verschiedenen Wirtsgesteinen (BGR)
- AP5: Technische Endlagerkonzepte (DBE TECHNOLOGY)
- AP6: Bau und Instandhaltung von Endlagerbergwerken (DBE TECHNOLOGY)
- AP7: Verfüll- und Verschlussmaßnahmen (DBE TECHNOLOGY)
- AP8: Geotechnische Überwachungsmethoden beim Endlagerbetrieb (DBE TECHNOLOGY)
- AP9: Genehmigungstechnische Aspekte (DBE TECHNOLOGY)

AP10: Abschließende bewertende Gegenüberstellung (BGR und DBE TECHNOLOGY)

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Zu Anfang des Berichtszeitraums wurde zu jedem Arbeitspaket ein detailliertes Bearbeitungskonzept mit präziser Beschreibung der Aufgabenstellung, Festlegung der inhaltlichen Schwerpunkte und Planung der dafür erforderlichen Ressourcen erstellt. Dazu zählte auch eine Anpassung der zeitlichen Abfolge der Bearbeitung. Diese mit allen Beteiligten abgestimmten Bearbeitungskonzepte bilden die Richtschnur für die vorgesehenen Recherchen und legen gleichzeitig den Grundstein für die Struktur des Abschlussberichtes.

Für das Arbeitspaket 1 „Zusammenstellung internationaler Konzepte zur Endlagerung in tiefen Gesteinsformationen“ wurden die Ergebnisse der Recherche in einem internen Arbeitsbericht zusammengestellt. Darin enthalten sind für alle Kernenergie betreibenden Nationen die entsprechenden gesetzlichen Rahmenbedingungen sowie Endlagerkonzeptionen - soweit vorhanden. Die dazu innerhalb des Projektes durchgeführte Diskussion zeigte, dass mehr Wert auf eine leicht verständliche Darstellung der Ergebnisse in Form von komprimierten Übersichtstabellen gelegt werden sollte, ergänzt durch Erläuterungen und illustrative Abbildungen. Mit der entsprechenden Überarbeitung des vorliegenden Berichtes wurde begonnen.

Mit der Bearbeitung der Arbeitspakete 2 „Sicherheitskonzepte für geologische Endlager“ und 3 „Standortsuche und Standorterkundung“ wurde begonnen. Eine erste Diskussion der Entwürfe der AP-Berichte erfolgt anlässlich des nächsten Projekttreffens am 11.09.2007.

4. Geplante Weiterarbeiten

Bearbeitung der Arbeitspakete gemäß abgestimmten Bearbeitungskonzepten und Zeitplan.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Str., 52428 Jülich		Förderkennzeichen: 02 E 10357
Vorhabensbezeichnung: Wechselwirkung mobilisierter Radionuklide mit sekundären Phasen in endlagerrelevanten Formationswässern		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2007 bis 31.03.2010	Berichtszeitraum: 01.04.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 798.105,00 EUR	Projektleiter: Dr. Curtius	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Aquatische Phasen, die in den Wirtsgesteinsformationen möglicher Endlager vorliegen, bedingen die Korrosion von Forschungsreaktor-Brennelementen (FR-BE). Die durch die Korrosion gebildeten sekundären Phasen binden die mobilisierten Radionuklide und verhindern bzw. verzögern dadurch ihre Freisetzung. Um verlässliche Aussagen im Hinblick auf eine langfristige sichere Endlagerung der FR-BE geben zu können, soll das Projekt dazu beitragen,

- a) das Korrosionsverhalten verschiedener FR-BE- Typen in unterschiedlichen aquatischen Phasen zu beschreiben,
- b) die kristallinen Bestandteile der entstandenen sekundären Phasen zu identifizieren und
- c.) die Wechselwirkungen der Radionuklide mit den kristallinen Bestandteilen auf molekularer Ebene detailliert zu beschreiben.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Auslaugversuche mit bestrahlten FR-BE unterschiedlicher Zusammensetzung in unterschiedlichen Formationswässern möglicher Endlager.
- AP2: Auslaugversuche mit unbestrahlten FR-BE in unterschiedlichen Formationswässern und Identifizierung der kristallinen, sekundären Phasenbestandteile.
- AP3: Sorptions- und Inkorporationsuntersuchungen mit endlagerrelevanten Radionukliden an den identifizierten, kristallinen Phasenbestandteilen.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Fortführung der in der vorangegangenen Projektphase angesetzten Auslaugversuche mit *bestrahlten* FR-BE unterschiedlicher Zusammensetzung. Die maßgeblich durch Korrosion bedingte Bildung von Wasserstoff ist für die bestrahlte FR-BE-Probe mit Uransilizid als Brennstoff in Salzlauge nach ca. 100 Tagen beendet. Dieses Verhalten ist vergleichbar zu der FR-BE-Probe mit metallischem Uran als Brennstoff.
- AP2: Auslaugversuche mit *unbestrahlten* FR-BE unterschiedlicher Zusammensetzung wurden in Tonporenwasser und Salzlauge angesetzt.
- AP3: Mit Inkorporationsuntersuchungen von dreiwertigen Elementen an einem identifizierten, kristallinen Phasenbestandteil (Mg-Al-LDH) wurde begonnen. Eu-III konnte bereits mittels einer Koprecipitation gezielt durch Substitution von Al-III in die Gitterstruktur des Mg-Al-LDH's eingebaut werden. Dieser Einbau wurde durch unterschiedliche analytische Methoden bewiesen /1/.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Die Auslaugversuche mit bestrahlten FR-BE unterschiedlicher Zusammensetzung werden in den schwächer mineralisierten Wässern (Tonporenwasser und Wasser aus kristallinem Gestein) fortgeführt.
- AP2: Das Verhalten der Matrixelemente aus den Auslaugversuchen mit unbestrahlten FR-BE soll beschrieben werden. Anschließend soll versucht werden, weitere kristalline Bestandteile der sekundären Phasen zu identifizieren.
- AP3: Weitere Inkorporations- und auch Sorptionsuntersuchungen mit bzw. an dem Mg-Al-LDH sollen durchgeführt werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

- /1/ Stumpf, T., Curtius, H., Walther, C., Dardenne, K., Ufer, K., Fanghänel, Th., *Incorporation of Eu-III into Hydrotalcite: A TRLFS and EXAFS Study*, Environ. Sci. Technol. 41, 3186 (2007)

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln	Förderkennzeichen: 02 E 10367
Vorhabensbezeichnung: Anpassung des EMOS-Programmsystems an moderne Softwareanforderungen	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2007 bis 31.12.2010	Berichtszeitraum: 01.04.2007 bis 30.06.2007
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.415.200,00 EUR	Projektleiter: Dr. Becker

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Inhalt des Vorhabens ist eine Umarbeitung und Anpassung des Programmpakets EMOS zur Analyse der Langzeitsicherheit von geologischen Endlagern für radioaktive Abfälle an moderne Softwareanforderungen. Dabei steht neben der Vereinheitlichung von verwandten Modulen und Versionen sowie der Einführung einheitlicher moderner Datenstrukturen insbesondere die Optimierung von Algorithmen und Ablaufstrukturen im Vordergrund. Moderne, anwendungsorientierte Benutzerschnittstellen werden realisiert. Die Ausgabemöglichkeiten werden erweitert und flexibilisiert. Bei der Umsetzung kommen moderne Programmiersprachen zum Einsatz.

Die Arbeiten dienen als Grundlage für die Durchführung von Modellrechnungen zur integrierten Analyse der Langzeitsicherheit in zahlreichen aktuellen und zukünftigen Projekten.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Arbeitsprogramm gliedert sich in fünf Arbeitspakete:

AP1: Code-Analyse und Know-how-Transfer.

Alle Codeteile des Programmpakets werden sorgfältig erfasst, katalogisiert und analysiert. Tiefgehende Kenntnisse des Programmaufbaus werden von älteren auf jüngere Mitarbeiter transferiert.

AP2: Erarbeitung eines neuen Programmkonzepts.

In zwei Arbeitsschritten werden neue Konzepte für die Programmierung, für die Datenübergabe sowie für den Programmablauf entwickelt. Dafür werden moderne Strategien angewandt. Die Datenverwaltung wird über ein Datenbanksystem realisiert.

AP3: Codeumstellung und -entwicklung.

Das Arbeitspaket umfasst zwei Arbeitsschritte, von denen der erste die Umstellung aller vorhandenen Module auf eine moderne Programmiersprache unter Beachtung der Konzepte aus AP2 umfasst. Im zweiten Arbeitsschritt wird ein neuer Statistik-Rahmen für die Durchführung probabilistischer Analysen entwickelt.

AP4: Steuerung des Programmablaufs und Anbindung an externe Programme.

Die einzelnen unabhängigen Programmmodule werden in drei Arbeitsschritten miteinander sowie mit externen Programmen verknüpft. Im ersten Schritt werden die globale Programmablaufsteuerung und der Datentransfer zwischen den Modulen neu organi-

siert. Die weiteren Arbeitsschritte dienen dem Anschluss an externe Programme zur statistischen Analyse und zur grafischen Visualisierung von Ergebnissen.

AP5: Test und Dokumentation.

Im ersten Arbeitsschritt werden mehrere frühere Studien mit dem neuen Programmpaket detailliert nachgerechnet und mit den alten Ergebnissen verglichen. Der zweite Arbeitsschritt dient der ausführlichen Dokumentation der neuen Programme.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Mit den Arbeiten zur Code-Analyse wurde begonnen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten werden sich zunächst auf Code-Analyse und Know-how-Transfer sowie auf die Überarbeitung des Statistik-Rahmens konzentrieren.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln	Förderkennzeichen: 02 E 10377
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung der THM-Prozesse im Nahfeld von Endlagern in Tonformationen	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2007 bis 31.12.2011	Berichtszeitraum: 01.05.2007 bis 30.06.2007
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.784.515,00 EUR	Projektleiter: Dr. Zhang

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben hat die Weiterentwicklung des Wissens zum thermisch-hydraulisch-mechanischen Verhalten von Tonstein, insbesondere im Nahfeld eines HAW-Endlagers, zum Ziel. Dieses Ziel lässt sich untergliedern in

- Erweiterung der Datenbasis zum THM-Verhalten des Tonsteins durch geeignete Experimente im Labor und in situ;
- Weiterentwicklung vorhandener Modellvorstellungen zur Verbesserung der Beschreibung und Berechenbarkeit des THM-Verhaltens des Tonsteins;
- Verbesserung bzw. Bereitstellung geeigneter Untersuchungsmethoden.

Diese Ziele werden durch die Beteiligung am neuen ANDRA-Forschungsprogramm für das Untertagelabor Bure (ULB) in den Jahren 2007 bis 2011 und am Mine-By-Experiment im Mont Terri Rock Laboratory (MTRL) erreicht. Neben dem generellen Erkenntniszuwachs sollen die im Rahmen dieses Vorhabens erzielten Ergebnisse bei der Verbesserung von Prozessmodellen sowie bei der Weiterentwicklung des Instrumentariums für die Langzeitsicherheitsanalyse für Endlager in Tongesteinen genutzt werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: *In-situ-Untersuchungen* der mechanisch-hydraulischen Auswirkungen einer Tunnelauffahrung im MTRL auf das umgebende Tonsteingebirge. Diese Untersuchungen werden gemeinsam mit NAGRA, BGR und ANDRA durchgeführt, wobei GRS die Messung von Porenwasserdruck, Permeabilität und Sättigungsänderung übernimmt. Ein weiterer In-situ-Test hat die Untersuchung des Langzeitverformungsverhaltens des Opalinuston im MTRL zum Ziel.
- AP2: *Laboruntersuchungen* am Callovo-Oxfordian-Tonstein und Opalinuston zu Langzeitverformung, Quelldruck/Quellverformung, Schädigung und Verheilung sowie am Auffahrungsrückstand aus dem ULB als Versatzmaterial.
- AP3: *Modellierung* des Mine-By-Experiments, des Langzeitverformungsverhaltens eines Bohrlochs im MTRL und der THM-Laborversuche.
- AP4: *Ergebniszusammenführung und Berichterstattung*.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Planung der Bohrungen und Instrumentierung für die Messungen von Porenwasserdruck und Permeabilität wurde mit den Projektpartnern abgestimmt. Die Beschaffung der notwendigen Bohrwerkzeuge und Materialien wurde eingeleitet. Im September 2007 sollen insgesamt sieben Bohrungen erstellt und instrumentiert werden.

Die notwendige Labormodernisierung wurde mit der Einleitung der Planungen und Beschaffungen für eine Erweiterung der Triaxialprüfanlage mit einem Ultraschallmesssystem, die Installation eines neuen Reglers für die große MTS-Prüfanlage, die Umrüstung eines Versuchstands für Kriechversuche bei kontrollierter Luftfeuchtigkeit sowie die Herstellung einer speziellen Quelldruckmesszelle begonnen.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Herstellung der Messbohrungen im MTRL
- Instrumentierung der Messbohrungen für das Mine-By-Experiment
- Weiterführung der Labormodernisierung
- Planung des In-situ-Langzeitverformungstests in einem Bohrloch im MTRL

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 10387	
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Chemisch-toxische Stoffe in einem Endlager für hochradioaktive Abfälle - Kurztitel: CHEMOTOX			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2007 bis 30.04.2009		Berichtszeitraum: 01.05.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 205.565,00 EUR		Projektleiter: Dr. Herbert	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines systematisch hergeleiteten und begründeten Nachweiskonzeptes zum Schutz des Grundwassers vor schädlichen Verunreinigungen durch chemotoxische Stoffe eines Endlagers mit hochradioaktiven Abfällen im Wirtsgestein Salz oder Ton. Alle wichtigen Aspekte des Umgangs mit chemotoxischen Stoffen in einem HAW-Endlager werden untersucht und bewertet. Dazu gehören regulatorische Fragestellungen ebenso, wie Fragen nach dem Inventar solcher Stoffe in den verschiedenen Systemkomponenten eines Endlagers, wie auch die wissenschaftlichen Grundlagen und Methoden zur Stoffbewertung und zur Rückhaltung und Mobilisierbarkeit unter den Randbedingungen relevanter Szenarien. Das vorhandene Wissen zu den unterschiedlichen Aspekten dieser Thematik wird ebenso dargestellt, wie offene Punkte, bzw. zu füllende Lücken.

Zur Bearbeitung dieses komplexen Themas haben das Öko-Institut, DBE TECHNOLOGY und GRS eine Arbeitsgemeinschaft gebildet. Die Gesamtprojektleitung liegt beim Öko-Institut.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das nachfolgende Arbeitsprogramm ist zur Erreichung der Vorhabensziele geplant.

AP1: Regulierung, Vorschriften, Anwendungsfälle - Analyse des Ist-Zustandes (Federführung: DBE TECHNOLOGY GmbH)

AP2: Inventar chemotoxischer Stoffe (Federführung: DBE TECHNOLOGY GmbH)

AP3: *Wissenschaftliche Grundlagen (Federführung: GRS mbH)*

AP4: *Randbedingungen des Nachweises (Federführung: Öko-Institut e. V. und GRS mbH)*

AP5: *Methoden der Stoffbewertung und Identifizierung relevanter Stoffe (Federführung: GRS mbH)*

AP6: Nachweiskonzept für chemotoxische Stoffe (Federführung: Öko-Institut e. V.)

AP7: Koordination (Federführung: Öko-Institut e. V.)

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Am 04.06.2007 wurde das erste gemeinsame Projektgespräch durchgeführt. Darin wurde eine übergeordnete Ablauf- und Zeitplanung abgestimmt. Die Inhalte der einzelnen Arbeitspakete wurden genauer diskutiert, insbesondere um die Schnittstellen zwischen den Arbeitspaketen zu definieren. Im Detail wurden die Voraussetzungen und Termine für aufeinander aufbauende Arbeitspakete festgelegt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die weiteren Arbeiten erfolgen entsprechend den Festlegungen im Protokoll des Projektgesprächs vom 04.06.2007. Im zweiten Halbjahr 2007 ist der Beginn der Bearbeitung des AP3 vorgesehen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: Öko-Institut e.V. - Institut für angewandte Ökologie, Merzhauser Straße 173, 79100 Freiburg		Förderkennzeichen: 02 E 10397
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Chemisch-toxische Stoffe in einem Endlager für hochradioaktive Abfälle - Kurztitel: CHEMOTOX		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von In- strumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2007 bis 30.04.2009	Berichtszeitraum: 01.05.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 248.572,00 EUR	Projektleiter: Sailer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines systematisch hergeleiteten und begründeten Nachweiskonzeptes zum Schutz des Grundwassers vor schädlichen Verunreinigungen durch chemotoxische Stoffe eines Endlagers mit hochradioaktiven Abfällen im Wirtsgestein Salz oder Ton. Alle wichtigen Aspekte des Umgangs mit chemotoxischen Stoffen in einem HAW-Endlager werden untersucht und bewertet. Dazu gehören regulatorische Fragestellungen ebenso, wie Fragen nach dem Inventar solcher Stoffe in den verschiedenen Systemkomponenten eines Endlagers, wie auch die wissenschaftlichen Grundlagen und Methoden zur Stoffbewertung und zur Rückhaltung und Mobilisierbarkeit unter den Randbedingungen relevanter Szenarien. Das vorhandene Wissen zu den unterschiedlichen Aspekten dieser Thematik wird ebenso dargestellt, wie offene Punkte bzw. zu füllende Lücken.

Zur Bearbeitung dieses komplexen Themas haben das Öko-Institut, DBE TECHNOLOGY und GRS eine Arbeitsgemeinschaft gebildet. Die Gesamtprojektleitung liegt beim Öko-Institut.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das nachfolgende Arbeitsprogramm ist zur Erreichung der Vorhabensziele geplant.

AP1: Regulierung, Vorschriften, Anwendungsfälle - Analyse des Ist-Zustandes (Federführung: DBE TECHNOLOGY GmbH)

AP2: Inventar chemotoxischer Stoffe (Federführung: DBE TECHNOLOGY GmbH)

AP3: Wissenschaftliche Grundlagen (Federführung: GRS mbH)

AP4: *Randbedingungen des Nachweises* (Federführung: Öko-Institut e. V. und GRS mbH)

AP5: Methoden der Stoffbewertung und Identifizierung relevanter Stoffe (Federführung: GRS mbH)

AP6: *Nachweiskonzept für chemotoxische Stoffe* (Federführung: Öko-Institut e. V.)

AP7: *Koordination* (Federführung: Öko-Institut e. V.)

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Am 04.06.2007 wurde das erste gemeinsame Projektgespräch durchgeführt. Darin wurde eine übergeordnete Ablauf- und Zeitplanung abgestimmt. Die Inhalte der einzelnen Arbeitspakete wurden genauer diskutiert, insbesondere um die Schnittstellen zwischen den Arbeitspaketen zu definieren. Im Detail wurden die Voraussetzungen und Termine für aufeinander aufbauende Arbeitspakete festgelegt.

Die Bearbeitung des AP1 erfolgt durch die DBE TECHNOLOGY (Federführung) und das Öko-Institut. Im Rahmen des AP1 wurden die Ziele der einzelnen Arbeitsschritte herausgearbeitet und die abzuarbeitenden Aufgaben definiert. Die Bearbeitung von Teilen des Arbeitspakets AP1 wurden begonnen. Im Rahmen von Arbeitsgesprächen wird die Zusammenarbeit der beiden Unternehmen weiter miteinander verzahnt.

Die Koordination des Gesamtprojekts liegt beim Öko-Institut. Begleitend zu den inhaltlichen Arbeiten wurden koordinierende Tätigkeiten durchgeführt. Insbesondere wurden formale Arbeitsmittel erarbeitet und den Partnern bereitgestellt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Gemäß dem Protokoll des Projektgespräches vom 04.06.2007 und dem aktualisierten Zeitplan ist für das zweite Halbjahr 2007 geplant:

- Bearbeitung der AP1 und AP2
- Beginn der Bearbeitung AP3
- ein Statusgespräch, ein Projektgespräch und ca. 4 Arbeitsgespräche nach Erfordernis

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: DBE TECHNOLOGY GmbH, Eschenstr. 55, 31224 Peine		Förderkennzeichen: 02 E 10407	
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Chemisch-toxische Stoffe in einem Endlager für hochradioaktive Abfälle - Kurztitel: CHEMOTOX			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2007 bis 30.04.2009		Berichtszeitraum: 01.05.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 192.707,00 EUR		Projektleiter: Tholen	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines systematisch hergeleiteten und begründeten Nachweiskonzeptes zum Schutz des Grundwassers vor schädlichen Verunreinigungen durch chemotoxische Stoffe eines Endlagers mit hoch radioaktiven Abfällen im Wirtsgestein Salz oder Ton. Alle wichtigen Aspekte des Umgangs mit chemotoxischen Stoffen in einem HAW-Endlager werden untersucht und bewertet. Dazu gehören regulatorische Fragestellungen ebenso, wie Fragen nach dem Inventar solcher Stoffe in den verschiedenen Systemkomponenten eines Endlagers, wie auch die wissenschaftlichen Grundlagen und Methoden zur Stoffbewertung und zur Rückhaltung und Mobilisierbarkeit unter den Randbedingungen relevanter Szenarien. Das vorhandene Wissen zu den unterschiedlichen Aspekten dieser Thematik wird ebenso dargestellt, wie offene Punkte, bzw. zu füllende Lücken.

Zur Bearbeitung dieses komplexen Themas haben das Öko-Institut, DBE TECHNOLOGY und GRS eine Arbeitsgemeinschaft gebildet. Die Gesamtprojektleitung liegt beim Öko-Institut.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das nachfolgende Arbeitsprogramm ist zur Erreichung der Vorhabensziele geplant.

- AP1: *Regulierung, Vorschriften, Anwendungsfälle - Analyse des Ist-Zustandes (Federführung: DBE TECHNOLOGY GmbH)*
- AP2: *Inventar chemotoxischer Stoffe (Federführung: DBE TECHNOLOGY GmbH)*
- AP3: *Wissenschaftliche Grundlagen (Federführung: GRS mbH)*
- AP4: *Randbedingungen des Nachweises (Federführung: Öko-Institut e. V. und GRS mbH)*
- AP5: *Methoden der Stoffbewertung und Identifizierung relevanter Stoffe (Federführung: GRS mbH)*
- AP6: *Nachweiskonzept für chemotoxische Stoffe (Federführung: Öko-Institut e. V.)*
- AP7: *Koordination (Federführung: Öko-Institut e. V.)*

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Beim ersten gemeinsamen Projektgespräch wurde eine übergeordnete Ablauf- und Zeitplanung abgestimmt. Die Inhalte der einzelnen Arbeitspakete wurden genauer diskutiert, insbesondere um die Schnittstellen zwischen den Arbeitspaketen zu definieren. Im Detail wurden die Voraussetzungen und Termine für aufeinander aufbauende Arbeitspakete festgelegt.

Die Bearbeitung des AP1 erfolgt durch die DBE TECHNOLOGY (Federführung) und das Öko-Institut. Im Rahmen des AP1 wurden die Ziele der einzelnen Arbeitsschritte herausgearbeitet und die abzuarbeitenden Aufgaben definiert. Die Bearbeitung von Teilen des Arbeitspakets AP1 wurden begonnen.

Im AP1 wird die regulatorische Situation dahin gehend analysiert, ob Ausführungsbestimmungen erlassen worden sind, in denen die Vorgehensweise zum Nachweis der Einhaltung des Schutzziels des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) festgelegt ist. Weiterhin wird untersucht, ob es für die Bewertung von Beeinträchtigungen des Grundwassers insbesondere im Hinblick auf die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen unmittelbar geltende verbindliche Grenz- oder Richtwerte gibt. Es wird die derzeitige regulatorische Situation bei der Ablagerung gefährlicher Abfälle (frühere Bezeichnung: besonders überwachungsbedürftige Abfälle) in Untertagedeponien beschrieben und mit derjenigen für die untertägige Endlagerung radioaktiver Abfälle verglichen. Ergänzend dazu wird die bisherige Praxis beim Nachweis des Grundwasserschutzes bei der Ablagerung gefährlicher Abfälle in Untertagedeponien und bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle beschrieben.

Im AP2 wird das endzulagernde Abfallinventar an hoch radioaktiven Abfällen ermittelt. Es werden ausgediente Brennelemente aus deutschen Leistungsreaktoren und Forschungsreaktoren sowie Abfälle aus der Wiederaufarbeitung ausgedienter Brennelemente in Frankreich, England und der Verglasungseinrichtung des Forschungszentrums Karlsruhe berücksichtigt. Hierzu zählen HAW-Kokillen (CSD-V) mit verglasten hoch radioaktiven Spaltprodukten und Feedklärschlamm, verglaste mittelradioaktive Deko- und Spülwässer (CSD-B) und kompaktierte mittelradioaktive Brennelementhülsen, Strukturteile und Technologieabfälle (CSD-C). Im Anschluss daran werden die verschiedenen Einlagerungskonzepte für die Wirtsgesteine Salz und Ton beschrieben. Dies umfasst neben den verschiedenen Behälterkonzepten/-varianten auch die derzeitigen Entwürfe der Grubengebäude und die technischen und geotechnischen Komponenten des Mehrbarrierensystems (Verfüll- und Verschlusskonzept). Auf dieser Grundlage werden Referenzkonzepte festgelegt, die für die Betrachtungen zum Nachweis des Grundwasserschutzes herangezogen werden sollen. In diesem Zusammenhang werden die chemotoxischen Stoffe der Abfall-, Behälter-, Versatz- und Barrierematerialien einschließlich deren Bandbreite ermittelt, die im weiteren Verlauf dieses Vorhabens ggf. als relevante Schadstoffe identifiziert werden können.

4. Geplante Weiterarbeiten

Gemäß dem Protokoll des Projektgespräches vom 04.06.2007 und dem aktualisierten Zeitplan ist für das zweite Halbjahr 2007 geplant:

- Bearbeitung der AP1 und AP2
- Beginn der Bearbeitung des AP3
- ein Statusgespräch, ein Projektgespräch und ca. 4 Arbeitsgespräche nach Erfordernis

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden		Förderkennzeichen: 02 E 10417	
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Temperaturabhängigkeit der Komplexbildung und Sorption dreiwertiger Actinide Am(III), Pu(III) im System Actinid-NOM-natürliches Tongestein-Aquifer			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2007 bis 30.04.2010		Berichtszeitraum: 01.05.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 293.420,00 EUR		Projektleiter: Prof. Dr. Bernhard	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist eine Erweiterung und Ergänzung der thermodynamischen und kinetischen Datenbasis im System dreiwertiges Actinid-Tongestein-NOM. Die Arbeiten gliedern sich in temperaturabhängige Komplexbildungsuntersuchungen von Am(III) (punktuell Pu(III)) mit Huminstoff-Modellliganden, Huminstoffen und Tonorganika sowie in Batchsorptionsexperimente im System Am(III)-(Konkurrenzion U(VI))-(NOM)-Tongestein/Modellton-Wasser. Aus den gewonnenen Daten soll ein vollständiger thermodynamischer Datensatz (Enthalpie, Entropiewerte) generiert werden, der Aussagen über Sensitivität der Komplexbildung/Sorption auf Temperaturveränderungen bzw. Rückschlüsse auf Bindungsverhältnisse ermöglicht. Langzeitbatchsorptionsexperimente unter endlagerrelevanten Bedingungen dienen der Charakterisierung der zeitlichen Veränderung des Sorptionsverhaltens im System Am(III)-(NOM)-Tongestein-Wasser. Das Forschungsvorhaben erfolgt in Kooperation mit den Projekten der Universitäten Mainz, Saarbrücken, München, Potsdam, Heidelberg, des Instituts für Interdisziplinäre Isotopenforschung Leipzig und des Instituts für Nukleare Entsorgung Karlsruhe.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Optimierung der Absorptionsspektroskopie mit einer Long-Path-Flow-Cell
Etablierung und Optimierung dieser Methode für den Nachweis kleinster Am(III)-Konzentrationen ($< 10^{-7}$ mol/l)
- AP2: Untersuchungen der Komplexreaktionen im System Am(III)-NOM und Am(III)-Modellligand
Bestimmung der Komplexbildungskonstanten von Am(III) mit sauerstoffhaltigen Huminstoff-Modellliganden, mit verschiedenen Huminsäuren, mit Tonorganika unter Standardbedingungen ($I = 0.1$ mol/l NaClO_4 , Temperaturen von $20^\circ\text{C} > T > 80^\circ\text{C}$, pH von $2 > \text{pH} < 6$, in Anwesen- bzw. Abwesenheit von U(VI) als Konkurrenzion) und unter endlagerrelevanten Bedingungen (synthetisches Porenwasser, reduzierende Bedingungen)

AP3: Sorptionsuntersuchungen im System Am(III)-NOM-natürliches Tongestein unter den gegebenen natürlichen Bedingungen
Durchführung temperaturabhängiger (Langzeit) Batchsorptionsversuchen im System Am(III)-(NOM)-Ton (natürliches Tongestein, Modellton)-Wasser unter Standardbedingungen ($I=0.1 \text{ mol/l}$, $20 \text{ }^\circ\text{C} < T < 80 \text{ }^\circ\text{C}$, $3 < \text{pH} < 10$) und unter endlagerrelevanten Bedingungen (Porenwasser)

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Es wurden noch keine experimentellen Arbeiten begonnen.
Eine Auswahl und Bestellung für das geplante faseroptische Absorptionsspektrometer ist erfolgt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Beginn der experimentellen Arbeiten (AP1/AP2) sobald die personellen und gerätetechnischen (Lieferung des faseroptischen Absorptionsspektrometer Ende August) Voraussetzungen geschaffen sind.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

2.2 C-Vorhaben

Zuwendungsempfänger: Universität Karlsruhe (TH), Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe		Förderkennzeichen: 02 C 0922
Vorhabensbezeichnung: Verschlussystem mit Äquipotenzialsegmenten für die untertägige Entsorgung (UTD und ELA) gefährlicher Abfälle zur Sicherstellung der homogenen Befeuchtung der Dichtelemente und zur Verbesserung der Langzeitstabilität		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2002 bis 28.02.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.226.844,00 EUR	Projektleiter: Dr. Schumann	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Geotechnische Barrieren (Schacht-, Strecken- und Bohrlochverschlüsse) in UTD sind als nachweislich langzeitstabile Verschlussbauwerke auszubilden. Vorhabensziel ist das Design, der konstruktive Entwurf und der Bau eines Verschlussystems, das mittels Äquipotenzialsegmenten eine homogene Durchfeuchtung des dichtenden Bentonitkerns gewährleistet.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP2: Materialuntersuchung im ÄS und DS, Messtechnik

Mit der Versuchsserie „Variogramm“ sollte die Streuung der Steigversuche durch Inhomogenitäten der Mischung, Sortierung beim Befüllen und sonstiger Einflüsse bilanziert werden. 5 Steigrohre wurden mit der identischen Mischung befüllt und gleichzeitig gestartet. Der Versuch verlief anfangs homogen, was Steighöhen, Steiggeschwindigkeit und Wasserverbrauch anbelangt. Nahe der 3 m Marke verhielten sich die Materialien unterschiedlich: die Ursache liegt in Inhomogenitäten oder setzungsbedingten Abrissen, die sich erst bei den zum Ende benötigten höheren Saugspannungen auswirken. Die Wassergehalte der „schnelleren“ Säulen sind im oberen Bereich höher.

Kalk-Kaolin Ratio

Kalkhaltige Materialien reagieren schnell auf Wasser und erreichen schnell große Steighöhen. Dies ist nicht mit der Körnungsverteilung oder Porengrößenverteilung zu belegen. Daher wurde der Kalkgehalt zum Kaolinanteil variiert. 7 unterschiedliche Mischungen wurden hergestellt. Dieser Versuch läuft seit einem Jahr und deutlich wird der „Vorsprung“ kalkreicher Proben. Mit Versuchsforgang verändert sich das Bild: die Beschleunigung durch Kalk wirkt sich nicht gleich auf die Steighöhe aus. Die Mischung mit hohem Kalkanteil startet sehr schnell, die anderen sind langsamer aber nachhaltiger. Aus diesem Versuch hat sich auch gezeigt, dass gleich 2 Materialien dank höherem Kalkanteil geeigneter sind. Gleichzeitig haben diese auch deutlich geringeren Setzungseigenschaften (Volumenstabilität).

Schluffige Materialien – Illit (Arginotec) und Quarz-Feldspat (QF)

In Vorbereitung auf den HTV-3, sowie zur Klärung des Steigverhaltens verschiedener natürlicher siltiger Materialien wurden technische Mischungen des Gelblehms und des Rheinweiß, die die besten Steigeigenschaften zeigten, aus Illit (Arginotec), Muschelkalk und Feinsand (N45) sowie einem siltigen QF-Gemisch aus der Kaolinaufbereitung entwickelt. Verschiedene Mischungen unter Verwendung von Arginotec und QF wurden mit destilliertem Wasser und Lauge gestartet. Erste Ergebnisse zeigen einen schnellen kapillaren Aufstieg. Darauf aufbauend wurden auch Gelblehm und Rheinweiß synthetisch erzeugt. Die Mineral-eigenschaften wurden mittels Arginotec, QF und BMK Kalk nachgebildet. Diese synthetischen Mischungen wurden ebenfalls mit destilliertem Wasser und Lauge gestartet.

Es werden auf den bisherigen Erkenntnissen weitere Säulenversuche geplant. Es soll auch ein 4 m Steig-Versuch installiert werden. Mit den neuen Materialien wird im Juli ein Turmversuch aufgebaut. Wasser soll dabei mit geringem Vordruck angeboten werden. Dadurch kann die unterschiedliche Steiggeschwindigkeit der Materialien besser belegt werden. Es wird eine Wechsellagerung zwischen kapillarem und geringkapillarem Material realisiert um Übergangseffekte zu zeigen.

Umwandlung Calcigel in Na-Form

Zur Quantifizierung der Umwandlung des Bentonits in den HTV zeigten Versuche, den Calcigel in seiner Ausgangsform durch Schüttelversuche mit NaCl in die Na-Form zu überführen, eine Reduktion der Kationenaustauschkapazität (KAK), die wir noch nicht erklären können. Aus diesem Grund, wird der Calcigel nun entcarbonatet und erneut mit NaCl zur Reaktion gebracht. Es ist bekannt, dass diese homoionische Belegung zu keiner Reduktion der KAK führt. Anschließend werden Mischung von natürlichem Ca-, Mg-reichen Calcigel und seiner Na-Form hergestellt. Diese werden röntgenographisch und mittels thermischer Analyse untersucht, um die Umwandlung des Calcigels im HTV quantifizieren zu können.

AP4: Versuche im halbtechnischen Maßstab

Der in der Technikumshalle in der Bergakademie der TU Freiberg aufgebaute Halbtechnische Versuch (HTV2) läuft seit 31.05.2006 in waagrechter Ausrichtung als Streckenverschluss. Bis Ende Januar 2007 ist der Sensor S4 komplett befeuchtet. Aber erst Ende April 2007, bei einem Flüssigkeitsdruck von 90 bar, registriert der Sensor S5 in der Grenzschicht zwischen DS2 und ÄS2a. Ab Ende Mai erreichte die Feuchte auch den ringförmigen Sensor S9. Bis Anfang Juni 2007 ist die Salzlösung bis etwa zur Hälfte des Sensors S5 aufgestiegen und breitet sich auch in ÄS2a weiter aus. Die Sensoren in der Grenzschicht ÄS2a/ÄS2b und dahinter sind außer durch die Kompression noch nicht betroffen. Die beiden längs eingebauten Sensoren S11 und S12 zeigen das Fortschreiten der Feuchtefront ebenfalls sehr gut.

Bereits zum jetzigen Zeitpunkt ist die Funktionsfähigkeit des ersten ÄS belegt und auch im zweiten ÄS beginnt die Befeuchtung des DS2 von hinten her. Im Sohlenbereich bildet sich im Streckenversuch eine vorlaufende Feuchtefront aus. Dies führt bisher nicht dazu, trotz Schwächung der DS in diesem Bereich, dass die DS durchbrechen. Auch die Randzonen zeigen sich stabil und dicht.

4. Geplante Weiterarbeiten

Der zweite Versuch im halbtechnischen Maßstab (Streckenverschluss) wird im August 2007 beendet und ausgebaut. Im September 2007 sollen anlässlich der 11. Projektsitzung die ersten Ergebnisse vorgestellt werden. Die Konzeption für den dritten Versuch (ebenfalls Streckenverschluss) wird erstellt (neue ÄS-Materialien, Abmessungen der DS und ÄS werden reduziert). Der Versuch soll noch in 2007 gestartet werden. Parallel werden die Proben aus Versuch 2 analysiert (Salzverlagerung im DS und ÄS, Wassergehalte, Verschiebungen) und die kapillaren Eigenschaften der Artmixe über die Kenntnis der Kontaktwinkel verifiziert.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Der Projektstand wird im September 2007 per Protokoll mitgeteilt. Auf der Homepage (www.untertageverschluss.de) wird ein ausführlicherer Sachstandsbericht dazu eingestellt. Publikationen: es wurden 2 Publikationen zur Veröffentlichung eingereicht: „Moisture distribution in a multi-layer hydraulic sealing system; Part 1: HTV-1“ in Engineering Geology und „Transport of rock salt brine through a multi-layer hydraulic sealing system (HTV-1)“ in Vadose Zone Journal.

Zuwendungsempfänger: TU-Clausthal, Adolph-Roemer-Str. 2 A, 38678 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 C 0952
Vorhabensbezeichnung: Modellentwicklung zur Gaspermeation aus unterirdischen Hohlräumen im Salzgebirge		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2002 bis 31.03.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 900.398,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Pusch	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Für die Standortbewertung von unterirdischen Deponien zur Einlagerung von Abfällen sind sicherheitstechnische Untersuchungen und Modellrechnungen zur Schadstoffausbreitung ein wesentlicher Bestandteil der Analysen. Durch Laboruntersuchungen und In-situ-Messungen sollen belastbare Grundlagen über das mechanische und hydraulische Stoffverhalten des Salzes gegenüber einer Gasphase und über die Prozessformen, die dieses Verhalten steuern erarbeitet werden.

Im experimentellen Programm werden laborative Messungen der Gaspermeation an ungestörten Salzkernen und Untersuchungen der Kapillar- und Gassperrdrücke an Salzpresslingen und Sandsteinreferenzmaterial zur Korrelation der Prozessabläufe mit dilatant aufgelockerten Salzkernen in Anwesenheit einer Restlauge durchgeführt werden. In-situ-Gasinfiltation- und Gasfrac-Versuche zur Bestimmung des Druckaufbaus (Sperr- bzw. Fracdruck und Messungen des Gastransports bei gleichzeitiger räumlicher Lokalisierung des gebildeten Rissystems durch Schallemissions- und Durchschallungsmessungen) bilden das Feldexperimentprogramm.

Die aus den Untersuchungen abgeleiteten Ergebnisse sollen eine sichere Basis für die Prozesssimulation der Gasausbreitung aus einem unterirdischen Grubenbau in das Wirtsgestein bilden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Vorhaben umfasst folgende Arbeitspunkte:

AP1.1: Kapillar- und Gassperrdruckmessungen

1.2: Gaspermeationstests

1.3: Triaxuntersuchungen

1.4: Gasfrac-Untersuchungen

AP2.1: Gasinfiltationstests in der Grube Bernburg

2.2: Gasfrac-Versuche in der Grube Bernburg

2.3: Akustische Messungen

AP3.1: Modellierung der Permeationstests

3.2: Modellierung des gesteinsmechanischen und pneumatischen Zustandes

AP4: Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Umbau des Triaxialpermeameters um eine Durchströmung mit Salzlaugen zu ermöglichen
- Weitere Triaxialversuche unter Verwendung von Hexan als strömendem, benetzendem und nicht reaktivem Medium
- Fortsetzung der Triaxialversuche mit gesättigter NaCl – Lösung
- Gasdruckerhöhung in Stufen im In-situ-Versuch Bernburg mit anschließendem Frac bei 14 MPa Gasdruck, Bestimmung der Permeabilität aus dem Abströmverhalten
- Refracversuch durch Erhöhung des Gasdruckes auf 12 MPa beim In-situ-Langzeitdrucktest in der Grube Bernburg
- Fortführung der akustischen Emissionsmessungen in der Grube Bernburg

Bei den Laborexperimenten zeigte sich die entscheidende Bedeutung des Porendruckes auf das Permeationsverhalten. Bei Hexan ist die Abhängigkeit zwischen der Wirksamkeit des Porendruckes und der im Kern induzierten Schädigung deutlicher ausgeprägt als bei Gas. Für Gas und Hexan als Strömungsmedium wurde ein schädigungsabhängiger Biot-Parameter entwickelt, der den Einfluss des Gasdruckes in Abhängigkeit von der dilatanten Schädigung beschreibt. Messungen mit Hexan, Stickstoff und Lauge zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen Gas und einer inerten Flüssigkeit und deuten darauf hin, dass ein im Prinzip reaktives Strömungsmedium wie Lauge sich in der Anfangsphase ähnlich verhält.

Beim In-situ-Versuch in Bernburg ist es durch die stufenweise Erhöhung des Gasdruckes bis 14 MPa jeweils zu einem druckbedingten Anstieg der Abströmraten gekommen. Nach kurzer Standzeit bei 14 MPa Gasdruck hat ein diskontinuierliches Abströmen des Gases stattgefunden, wobei sich der Gasdruck auf einem Druckniveau von ca. 10,5 MPa wieder stabilisiert hat, d. h. die ursprüngliche Dichtheit vor dem Gasdurchbruch hat sich zumindest teilweise wieder hergestellt. Der gemessene Gasaufreißdruck liegt mit 14 MPa deutlich über der mit Hydrofrac bestimmten Gebirgsspannung von 13 MPa. Während des Gasdurchbruches gab es keine Hinweise auf einen singulären Riss im Sinne eines Gasfracszenario, z. B. durch eine erhöhte mikro-seismische Aktivität. Diese pneumatische Zugfestigkeit wird im Labor nicht beobachtet und die Effekte der Permeabilitätszunahme sind in situ mit weniger als vier Größenordnungen deutlich geringer. Als Mechanismus wird eine integrale Permeation infolge druckinduzierter Aufweitung vorhandener Fließwege in Richtung geologischer Inhomogenitäten angesehen. Die Ausdehnung der gasdruckbeeinflussten Zone beim Gasdurchbruch liegt infolge des begrenzten Gasvolumens der Untersuchungsbohrung im Meterbereich, wobei die bisher zur Berechnung der integralen Permeabilität verwendeten rotationssymmetrischen Transportmodelle die realen Abströmverhältnisse mit inhomogener Gasausbreitung unzureichend beschreiben. Nach der Entspannung des Bohrloches auf 1 MPa wurde kein Rückströmen von Gas beobachtet. Bei der erneuten stufenweisen Gasdruckbelastung sind die gemessenen Abströmraten geringer als im 1. Zyklus, mutmaßlich als Folge der bereits im Gebirge vorliegenden Gasdruckbelastung.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten werden programmgemäß weitergeführt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0973	
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung einfacher Strategien zur Reduzierung der Mobilisierbarkeit von Schwermetallen aus untertägig abgelagerten Abfällen			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponienkonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten			
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2003 bis 31.01.2007		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 31.01.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 383.970,00 EUR		Projektleiter: Dr. Herbert	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Es werden anwendbare Strategien entwickelt, die bei untertägigen Abfalldeponierungen eine erhebliche Verringerung einer durch Einwirkung von Wässern verursachten Schadstofffreisetzung bewirken. Die Arbeiten konzentrieren sich dabei auf die Schwermetalle Cd, Pb und Zn. Die experimentellen Untersuchungen berücksichtigen die UTD-relevanten Bedingungen, wobei erstmals auch langsam ablaufende Prozesse gezielt studiert werden. Geochemische Modellrechnungen werden als Prognosetool eingesetzt, um Strategien zur Minimierung der Quellterme zu entwickeln, die im Normalfall in der Beeinflussung des geochemischen Milieus durch Zugabe von geeigneten Stoffen bestehen. Die Wirksamkeit der Strategien wird anhand erneuter Auslaugversuche überprüft.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Experimentelle Untersuchungen zur Schadstoffmobilisierung unter Normalbedingungen mit Hilfe von Batch-Versuchen und geeigneten Langzeittests sowie geochemische Modellrechnungen zur Entwicklung der Lösungsentwicklung bis hin zu UTD-relevanten Feststoff/Lösungsverhältnissen.
- AP2: Entwicklung von Strategien zur Minimierung des Quellterms für die Schadstoffe und systematische Bewertung der verschiedenen Möglichkeiten auf der Basis von geochemischen Modellrechnungen.
- AP3: Experimentelle Überprüfung der verringerten Schadstoffmobilisierung und Bewertung der Effizienz der Minimierungsstrategien.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Berichtszeitraum wurde die Auswertung der experimentellen Ergebnisse abgeschlossen und diese mit EQ3/6 nach modelliert. Für Hauptelemente wurde eine zufrieden stellende Übereinstimmung zwischen experimentellen Daten und Modellierung erreicht. Bei den Schwermetallen Pb, Zn und Cd waren die ersten Modellierungsversuche nur für Zn zufrieden stellend. Die berechneten Pb- und Cd-Gehalte zeigten z. T. deutlich höhere oder auch niedrigere Werte als die Experimente. Niedrigere Modellierungswerte als im Experiment bedeuten, dass aus dem Abfall mehr ausgetragen wird, als nach der Analyse darin enthalten ist. Dies kann natürlich nicht sein und deutet auf die Problematik der Probeninhomogenität hin. Dieser muss bei der Abfallanalytik ein ganz besonderes Gewicht beigemessen werden. Niedrigere Werte bedeuten, dass die Mobilisierbarkeit des im Abfall enthaltenen Stoffs geringer ist, als die völlige Freisetzung, von der die Modellierung ausgeht. Hier kann eine Übereinstimmung zwischen Ergebnissen der Experimente und der Modellierung erreicht werden, indem die tatsächliche Mobilisierbarkeit, die experimentell in einem Batchversuch ermittelt wird, für die weitere Modellierung zugrunde gelegt wird. Dies ist ein pragmatisches Vorgehen, das die tatsächlich ablaufenden Prozesse mit größtmöglicher Annäherung beschreibt. Es wird für die Praxis empfohlen. Mit der so durchgeführten Modellierung kann aus der Modellierung der Konzentrationsbereich ermittelt werden, der dem in der UTD herrschenden Feststoff/Flüssigkeitsverhältnis entspricht. Diese Vorgehensweise der Kopplung von Batch-Experimenten zur Ermittlung realistischer Ausgangsparameter für eine optimale Modellierung, mit anschließender Modellierung und Ableitung von Schadstofffreisetzungen unter realistischen F/L-Verhältnissen ist praktikabel, nicht aufwendig und führt zu belastbaren Freisetzungsberechnungen von toxischen Schwermetallen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Fertigstellung des Abschlussberichtes.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0983
Vorhabensbezeichnung: Komplettierung der Datenbasis zur Modellierung der Schwermetallmobilisierung in salinaren Systemen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponienkonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2003 bis 30.09.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 682.290,00 EUR	Projektleiter: Dr. Hagemann	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In Ergänzung und Fortführung abgeschlossener FuE-Vorhaben Erstellung einer konsistenten thermodynamische Datenbasis zur Modellierung umweltrelevanter geochemisch-aquatischer Prozesse der Elemente Quecksilber, Arsen, Kupfer, Chrom, Nickel, Mangan und Kobalt. Grundlage sind eine kritische Literaturlauswertungen und ergänzende experimentelle Untersuchungen.

Zugänglichmachung der Datenbasis durch Publikation in Fachzeitschriften durch Bereitstellung über das Internet. Entwicklung einer interaktiven Datenbankstruktur, die die Erzeugung und Anwendung qualitätsgesicherter, konsistenter und ausreichend dokumentierter und anwendungsprogrammspezifischer Parametersätze erlaubt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Vervollständigung der Parametersätze für Kupfer(II), Nickel(II), Chrom(III) und Chrom(VI)

- Erstellung einer thermodynamischen Datenbasis für Kobalt(II), Mangan(II) und Kupfer(I)
- Erstellung einer thermodynamischen Datenbasis Arsen(III) und Arsen(V)
- Physikalisch-chemische Eigenschaften von Quecksilber(II) in salinaren Lösungen
- Dokumentation und Publikation der Datenbasis, internetbasierter Zugriff

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Die Titration von arsenithaltigen Lösungen wurde fortgesetzt. Aufgrund von Verunreinigung in den verwendeten Chemikalien ließen sich die zuerst durchgeführten Messungen nicht auswerten. Es wurden daher neue Versuchsreihen mit Reagenzien höherer Qualität begonnen.
- Isopiestic Messungen an arsenathaltigen Lösungen wurden begonnen. Ergebnisse werden im August 2007 vorliegen.
- UV-Spektroskopische Messungen an quecksilberhaltigen Lösungen: Erstmals konnte durch UV-spektroskopische Messungen die schrittweise Komplexbildung des Quecksilbers (Hg^{2+}) mit Chlorid in Lösungen von NaCl und KCl nachvollzogen werden. Die Bildung des ersten Chlorokomplexes (wahrscheinlich $[\text{HgCl}]^+$) setzt bereits bei kleinsten Chlorid-Konzentrationen von weniger als 0,00001 mol/l ein und ist bei 0,001 mol/l weitgehend abgeschlossen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Abschluss der isopiestic Messungen mit arsenathaltigen Lösungen.

Erstellung konsistenter Parametersätze für Nickel, Cobalt und Mangan auf der Grundlage der vorliegenden Literatur- und Messdaten.

Anfertigung des Abschlussberichtes.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0993	
Vorhabensbezeichnung: Geochemische Modellierung des Langzeitverhaltens von silikatischen und alumosilikatischen Materialien im Temperaturbereich 30 °C bis 90 °C			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponienkonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten			
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2003 bis 31.12.2007		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 580.968,00 EUR		Projektleiter: Dr. Meyer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Ziel des Vorhabens ist die Erweiterung der Datenbasis für die Modellierung des geochemischen Milieus von Si- und Al-haltigen Materialien in salinaren Lösungen in einem Temperaturbereich von 30 °C bis 90 °C.

Es werden Parametersätze für die geochemische Modellierung durch Datenauswertung von Löslichkeits- und Titrationsmessungen entwickelt, um die Eigenschaften von Al- bzw. Si-Spezies in salinaren Lösungen bei 30 °C bis 90 °C voraussagen zu können. Die Leistungsfähigkeit der Parametersätze wird durch geochemische Modellierung von Auflösungsreaktionen ausgewählter Silikat- und Aluminatphasen überprüft.

Die eingesetzten experimentellen Methoden sind z. T. bereits überprüft worden und finden für die Entwicklung neuer Parametersätze Anwendung. Die geochemische Modellierung erfolgt mit EQ3/6, einem ebenfalls anerkannten Rechenprogramm zur thermodynamischen Gleichgewichtsmodellierung.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Literaturrecherche

AP2: Physikalisch-chemische Eigenschaften Si/Al-haltiger Lösungen

AP3: Löslichkeit einfacher Silikate und Aluminate

AP4: Parameterberechnung

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Mit der Bestimmung der Löslichkeiten von amorpher Kieselsäure bei einer Temperatur von 65 °C wurden abgeschlossen und Messungen bei Temperaturen von 85 °C in ternären Lösungen der Salze des ozeanischen Systems wurde begonnen. Die z. Z. untersuchten Systeme sind:

- NaCl-KCl-H₂O-H₄SiO₄
- KCl-CaCl₂-H₂O-H₄SiO₄
- NaCl-CaCl₂-H₂O-H₄SiO₄

Die angesetzten Löslichkeitsversuche zu Bestimmung von Löslichkeiten ausgewählter (Alumo-)silikate wurden in dem betrachteten Zeitraum fortgesetzt.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Ist zunächst abgeschlossen, eine Darstellung der Ergebnisse erfolgt im Abschlussbericht.
- AP2: In dem kommenden Zeitraum sollen die Arbeiten bezüglich der Löslichkeit amorpher Kieselsäure bei höheren Temperaturen (bis 90 °C) in ternären Lösungen der Salze des ozeanischen Systems weiter bearbeitet werden.
Für die Versuche bei 90 °C werden Löslichkeitsversuche von Gibbsit, Al(OH)₃, im pH-Bereich >9 in den Systemen NaCl-H₂O, KCl-H₂O, CaCl₂-H₂O, Na₂SO₄-H₂O und K₂SO₄-H₂O durchgeführt werden.
- AP3: An einigen ausgewählten Silikaten, Aluminaten und Alumosilikaten wurden Löslichkeitsmessungen in verschiedenen Salzlösungen bei unterschiedlichen Temperaturen (bis 90 °C) durchgeführt. Bei der Auswertung der Versuche zeigte es sich, dass es zu Wasserverlusten gekommen ist, es wurden hier neue Versuche angesetzt.
- AP4: Aus den neuen, experimentell ermittelten Daten sowie aus Literaturdaten werden Pitzerkoeffizienten für die oben genannten Si- und Al-Spezies im Temperaturbereich 30 °C - 90 °C berechnet. Alle gesammelten oder neu bestimmten Rohdaten sowie die daraus abgeleiteten Parameter für die geochemischen Modellrechnungen werden dokumentiert und zusätzlich in elektronischer Form zur Verfügung gestellt.

Da es in der vergangenen Periode nicht zu einer erfolgreichen Vergabe des Unterauftrages bezüglich NMR-Messungen zur Speziesverteilung von Si in Lösung gekommen ist und es auch mit Hilfe dieser Methode nicht zu zufrieden stellenden Ergebnissen kommen wird, sollen im folgenden Zeitraum eigene Untersuchungen mit Hilfe der Molybdatmethode erfolgen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Materialforschungs- und prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar, Coudraystraße 9, 99423 Weimar		Förderkennzeichen: 02 C 1064
Vorhabensbezeichnung: Weiterentwicklung eines TDR-Messverfahrens zur Quantifizierung von Feuchte- und Dichte- verteilungen in Bentonitversuchsbauwerken		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponienkonzeptionen unter Sicherheits Gesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2004 bis 28.02.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 603.656,00 EUR	Projektleiter: Dr. Kupfer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Arbeitsablauf erfolgen Untersuchungen zu dielektrischen Materialeigenschaften, Feldsimulationen zur Kalibrierung von Sensoren, zur Rekonstruktion (Ortsauflösung) von Feuchte- und Dichteverteilung. Test des neuen Messverfahrens in labor- und halbtechnischen Versuchen zur Detektion der räumlichen und zeitlichen Flüssigkeitsausbreitung in Bentonitdichteelementen. Hydraulische Modellierung auf Grundlage von messtechnisch ermittelten Feuchte- und Dichteverteilungen. Auf Basis der Untersuchungsergebnisse soll ein Messsystem für den Einsatz in horizontalen Verschlussbauwerken entworfen werden. Test des Messverfahrens an Verschlussbauwerken im Carnallit (Teutschenthal, Projekt CARLA FKZ 02C1204). Eine Anpassung des Vorhabens an das Projekt CARLA erfolgt durch Erweiterung der Untersuchungen um die Arbeitspakete AP10 und AP11 (Aufstockung und Verlängerung des Vorhabens).

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Untersuchungen zu dielektrischen Materialeigenschaften
- AP2: Elektromagnetische Feldsimulationen zur Rekonstruktion von Feuchte-/Dichteverteilung
- AP3: Quantifizierung von Feuchte und Dichte mit koaxialer Messleitung und Kabelsensor
- AP4: Ortsdiskretisierung von Feuchteprofilen
- AP5: Erfassung der räumlichen Feuchte- und Dichteverteilung
- AP6: Bestimmung von Feuchteprofilen in Abhängigkeit vom Druck
- AP7: Anwendung des TDR-Messsystems in halbtechnischen Versuchen
- AP8: Numerische Simulation der Feuchteausbreitung
- AP9: Konzeption und Entwurf eines Messgerätesystems für den Untertageinsatz zur quantitativen Bewertung von Feuchte- und Dichteprofilen
- AP10: Entwicklung und Erprobung eines Messgerätesystems zur qualitativen Bestimmung von Feuchteprofilen in einem Verschlussbauwerk; Erarbeitung und Erprobung von Simulations- und Rekonstruktionsalgorithmen
- AP11: Entwurf eines Messsystems zur quantitativen Bewertung von Feuchte- und Dichteprofilen für den Einsatz in Verschlussbauwerken (Projekt CARLA - KV1, GV1, GV2)

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1/AP2/AP4/AP5: Die theoretischen Betrachtungen zum dielektrischen Verhalten von Stoffgemischen (3-Stoff-Modell) und zu den Schichtenmodellen für die Erarbeitung der Simulations- und Rekonstruktionsalgorithmen zum Bestimmen von Feuchte- und Dichteprofilen aus den gemessenen TDR-Signalen (AP10) wurden fortgeführt. Ausgehend von den Grundsatzbetrachtungen zu den dielektrischen Eigenschaften wasser aufnehmender Stoffe, dem Übertragungsverhalten von Impulsen auf elektrischen Leitungen, der HFS-Simulation mit homogenen Materialien und den Ergebnissen der theoretischen und experimentellen Untersuchungen wurde eine TDR-Messleitung neu konzipiert. Mit ihr erfolgt die Vorwärts- und Rückwärtsmessung der TDR-Signale einschließlich der Referenzsignale an der Kalibrierebene Koaxialkabelende/Flachbandleitungsanfang. Es wurden

erste Algorithmen für die qualitative, quantitative und rekonstruktive Interpretation von TDR-Signalverläufen zur orts aufgelösten Feuchte- und Dichtebestimmung hergeleitet. Die Anwendung dieser Algorithmen auf gemessene TDR-Signale von stark verlustbehafteten Stoffen (Bentonit, MgO-Beton) zeigt, dass für die orts aufgelöste Feuchte- und Dichtebestimmung noch erheblicher Forschungsbedarf für praxistaugliche Rekonstruktions- und Kalibrieralgorithmen besteht.

AP7/AP8: Der halbtechnische Versuche HTV-Tr2 wurde abgeschlossen. Fluiddruck und Volumenstrom sowie die Feuchteverteilung im Bentonit nach Rückbau sind Basis für die hydraulische Modellierung. Der Versuch HTV-Tr3 läuft noch. In beiden Versuchen hat das neue TDR-Messkabel mit den beiden Umschaltkästen für die Vorwärts-, Rückwärts- und Referenzmessungen die erwarteten TDR-Signale geliefert. Konstruktiv und fertigungstechnisch waren aber die Umschaltkästen dem stetig steigenden Quelldruck nicht gewachsen, so dass es im Laufe der Zeit zu Relaisausfällen und Eindringen von Lauge kam. Daraufhin wurden Messkabel und Umschaltkästen überarbeitet. Untersuchungen im MFPA-Druckversuchsstand bestätigten, dass die jetzigen Kabel Drücke größer 40 bar problemlos überstehen und keine Lauge eindringt.

AP9/AP10/AP11: Das Messgerätesystem zur Erfassung von TDR-Messsignalen für den Untertageeinsatz wurde konzipiert, ein Labormuster wurde aufgebaut, erprobt und für den Einsatz im Projekt CARLA vorbereitet. Es können maximal 7 TDR-Messleitungen mit Umschaltboxen für die Vorwärts-, Rückwärts- und Referenzmessung angeschlossen werden. Temperatursensoren erfassen die Umgebungstemperatur in der Nähe der Umschaltboxen. Über einen eingebauten Modem-Router-Switch kann das Gerät ferngesteuert und die Messdaten fern abgefragt werden. Die Untertageerprobung des Messsystems erfolgt im extra dafür konzipierten Kleinversuch KV1 (Versuchshohlraum: Querschnitt 1x1 m², 2 m Länge) in Teutschenthal. Dabei soll das Messsystem auch für den Einsatz beim Großversuch GV2 getestet werden. Eine Datenübertragung über Modem ist vorgesehen. Der Einbau der Sensoren im Großversuch GV1 wurde vorbereitet.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Fortführung der theoretischen Betrachtungen zum dielektrischen Verhalten von Stoffgemischen (verlustbehaftetes 3-Stoff-Modell) längs der TDR-Messleitung (Schichtenmodell) für die Erstellung praxisrelevanter Rekonstruktionsalgorithmen von Feuchte- und Dichteprofilen (AP10).
- Auswertung der halbtechnische Versuche (AP7) und der hydraulischen Modellierung (AP8).
- Einbau des Messgerätesystems mit 7 TDR-Messleitungen im Kleinversuch KV1 und Auswertung der Messergebnisse (AP11).
- Bau des Messgerätesystems mit 4 TDR-Messleitungen für den Großversuch GV1, Installation des Systems und Auswertung der Messergebnisse (AP11).

5. Berichte, Veröffentlichungen

A broadband dielectric spectroscopy study of the relaxation behavior of subsoil, N. Wagner, K. Kupfer, E. Trinks, Proc. 7th International Conference Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances, Hamamatsu, Japan 2007; pp. 31-38

TDR-Measurement System and its Application in a Salt Mine, K. Kupfer, E. Trinks, N. Wagner, M. Kuhne, Ch. Hübner, Proc. 7th International Conference Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances, Hamamatsu, Japan 2007; pp. 139-149

TDR measurements and simulations in high lossy bentonite materials, K. Kupfer, E. Trinks, N. Wagner, Ch. Hübner, Measurement, Science and TECHNOLOGY (London) Vol. 18, No. 4, Apr. 2007; pp. 1118-1136

Determination of the spatial TDR-sensor characteristics in strong dispersive subsoil using 3D-FEM frequency domain simulations in combination with dielectric spectroscopy, N. Wagner, E. Trinks, K. Kupfer, Measurement, Science and TECHNOLOGY (London) Vol. 18, No. 4, Apr. 2007; pp. 1137-1146

Modelling of electromagnetic wave propagation along transmission lines in inhomogeneous media, C. Huebner, K. Kupfer, Measurement, Science and TECHNOLOGY (London) Vol. 18, No. 4, Apr. 2007; pp. 1147-1154

Bestimmung von Feuchte- und Dichteverteilungen mit TDR-Sensoren, K. Kupfer, E. Trinks, T. Schäfer, N. Wagner, C. Hübner, Technisches Messen, Oldenbourg-Verlag München 5/2007 S. 298-307

Ortsauflösende Feuchtemessung mit Time-Domain-Reflectometry, C. Hübner, S. Schlaeger, K. Kupfer, Technisches Messen, Oldenbourg-Verlag München 5/2007 S. 316-325

Zuwendungsempfänger: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Stilleweg 2, 30655 Hannover		Förderkennzeichen: 02 C 1074
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben: „Entwicklung eines richtungssensitiven Georadar-Bohrlochmessverfahrens“, Teilvorhaben: Weiterentwicklung der räumlichen Auswertung von richtungssensitiven EMR-Bohrlochmessdaten		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2004 bis 31.03.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 405.816,00 EUR	Projektleiter: Eisenburger	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In diesem FuE-Vorhaben soll eine neue Radar-Bohrlochsonde entwickelt werden, mit der aus einer allein stehenden Bohrung räumliche Informationen über das anliegende Gebirge gewonnen werden.

Die Entwicklung geht von einem bekannten Bohrlochsystem aus. Zuerst werden die HF-Komponenten (Sende- und Empfangsantenne) auf die Möglichkeit ihrer Verbesserung untersucht, um anschließend neue Radarverfahren auf ihre Eignung als richtungssensitives Bohrlochmessverfahren zu untersuchen. Weiterhin wird durch verbesserte Algorithmen eine schnelle Verarbeitung der Messdaten angestrebt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Verbundvorhaben gliedert sich in drei Teilvorhaben, die von den angeführten Institutionen in eigener Verantwortung durchgeführt werden.

Teilvorhaben I: „Entwicklung eines aktiven richtungssensitiven Bohrlochantennensystems“; Bergische Universität Wuppertal, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik, Wuppertal

Teilvorhaben II: „Entwicklung und Bau der Steuer- und Digitalisierungseinheit, der mechanischen Komponenten und der Datenerfassungseinheit“; Deutsche Montan Technologie GmbH (DMT), Essen

Teilvorhaben III: „Weiterentwicklung der räumlichen Auswertung von richtungssensitiven EMR-Bohrlochmessdaten“; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover

Das Untersuchungsprogramm für das Teilvorhaben „Weiterentwicklung der räumlichen Auswertung von richtungssensitiven EMR-Bohrlochmessdaten“ beinhaltet zwei Arbeitspakete:

AP1: Vereinheitlichung und Neustrukturierung des EMR-Auswertesystems der BGR

AP2: Aussagemöglichkeiten der EMR-Messungen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die EMR-Auswertesoftware wurde durch weitere Bearbeitungsmöglichkeiten der Daten vervollständigt. Im Einzelnen wurden folgende Programmteile hinzugefügt bzw. die bereits vorhandenen Programmteile optimiert:

- Das Modul zur Berechnung der 1D-Filter wurde ergänzt.
- Die Filterprozesse lassen sich sowohl über das gesamte Profil als auch für einzelne ausgewählte Spuren des Profils anwenden. Ebenso frei wählbar ist der Zeitbereich, in dem der Filterprozess angewendet werden soll. Dieser kann über die gesamte Länge der Spur oder über ein bestimmtes Zeitfenster entlang der Spur frei gewählt werden.
- Es wurden verschiedene 2D-Filter implementiert. Im Gegensatz zu den 1D-Filtern, die immer nur einzelne Spuren isoliert betrachten, werden bei 2D-Filtern immer mehrere Spuren gleichzeitig betrachtet und miteinander in Beziehung gesetzt. Dies erforderte zunächst eine Umstrukturierung der zugrunde liegenden Datenstruktur, da der bisherige Ansatz auf einzelnen unabhängigen Zeitreihen basierte.

Bei Messungen mit Kreuzrahmenantennen kann ein Richtdiagramm zur unmittelbaren Überprüfung der Richtcharakteristik der Sonde eingeblendet werden. Der Zeitpunkt, zu dem die Richtcharakteristik berechnet werden soll, wird durch einfaches Bewegen des Mauszeigers über der Zeitreihe bestimmt. Somit kann die Richtcharakteristik sofort beim Betrachten der Zeitreihen überprüft werden.

Der Umfang und die Funktionalität der Software wurden erstmals beim Test der DABOR-Sonde vom 02. bis 04. Mai im Forschungsbergwerk Asse getestet.

Nach anfänglicher Entwicklung und Installation der Datenerfassung auf einem Windows-System konnte die Implementierung auch auf Linux erfolgen und damit auf die letztlich vorgesehene Plattform für den realen Einsatz.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung der Umsetzung des Auswertesystems mit der Qt Bibliothek.
- Ausarbeitung der Struktur der Steuer- und Datenerfassung (einhergehend mit der Hardwareentwicklung).
- Untersuchungen hinsichtlich der Anwendbarkeit der ausgewählten Attribute zur Charakterisierung von Radarsignalen.
- Der nächste untertägige (im ungestörten Umfeld) Test der Sondenkomponenten und Kommunikation findet am 27.08.2007 in der Salzgrube Asse statt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Bergische Universität Wuppertal, Gaußstraße 20, 42119 Wuppertal		Förderkennzeichen: 02 C 1084
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben: „Entwicklung eines richtungssensitiven Georadar-Bohrlochmessverfahrens“, Teilvorhaben: Entwicklung eines aktiven richtungssensitiven Bohrlochantennensystems		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2004 bis 31.03.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 587.696,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Glasmachers	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das an der Bergischen Universität Wuppertal durchgeführte Teilvorhaben wird in Kooperation mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover und der Deutschen Montantechnologie GmbH (DMT) in Essen durchgeführt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Arbeiten im Teilvorhaben I „Entwicklung eines aktiven richtungssensitiven Bohrlochantennensystems“ umfassten im Berichtszeitraum die Arbeitspakete

- „Bau und Test des HF-Teils, Demonstrator“ im Bereich „Höchstfrequenztechnik“ (HFT),
- „Bau und Test Analog- und Digitalelektronik“
- „Erstellung einer Messsoftware“ im Bereich „Elektrische Messtechnik“ (EMT)
- „Theoretische Elektrotechnik“ (TET).

Der Punkt „Feld- und Labortests sowie Optimierung der HF-Komponenten“ wurde in Kooperation zwischen den Gruppen bearbeitet.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

HFT:

Im Mittelpunkt des Berichtszeitraums standen die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung eines Prototypentests des Empfangsantennensystems im Forschungsbergwerk Asse im Mai 2007. Der Schwerpunkt der Untersuchungen lag dabei auf Bestimmung der Leistungsfähigkeit des Systems in Hinblick auf dessen Reichweite und Richtcharakteristik. Die Ergebnisse können als sehr gut bewertet werden. Es konnten noch sehr weit entfernte peilbare Echos aufgezeichnet werden. Im horizontalen Bohrloch „EMR 3“ auf der 490 m Sohle konnten noch Reflexionen mit einer Laufzeit von 5 Mikrosekunden erfasst und gepeilt werden, was verglichen mit den bisher dort eingesetzten Bohrlochradarsystemen eine deutliche Verbesserung darstellt. Neben Profilmessungen, die die aufgeführten Ergebnisse ergaben, wurden auch Drehmessungen zur Untersuchung der azimutalen Richtcharakteristik des Antennensystems durchgeführt. Bei einem vorhergehenden Test im Januar 2007 wurde ein unerwünschter omnidirektionaler Anteil in der Richtcharakteristik der Schleifenantennen festgestellt. Der Fehler, der dazu führte, wurde erkannt und beseitigt. Somit konnte beim Test im Mai 2007 die gewünschte cosinusförmige Richtcharakteristik der Schleifenantennen bestätigt werden.

In weiteren Tests wurde die Funktion der Baugruppe zur adaptiven Antennenanpassung überprüft, die im Berichtszeitraum überarbeitet wurde. Es konnte gezeigt werden, dass durch Veränderung der Antennenanpassung ein Austausch zwischen Bandbreite und Empfindlichkeit des Empfangssystems bewirkt werden kann, so dass stets für den jeweiligen Anwendungsfall ein geeigneter Parametersatz zur Verfügung steht. Weiterhin wurden Verbesserungen an der drahtlosen Kommunikationsstrecke zwischen dem Empfangs- und Kontrollmodul vorgenommen, die zukünftig als Alternative zur Datenübertragung über eine Glasfaserstrecke zur Verfügung stehen soll.

EMT:

Der aktuelle Empfänger wurde in neuen Testmessungen weiter geprüft. Es konnten keine systematischen Störungen oder Funktionsfehler festgestellt werden. Das Empfangssystem wurde zur besseren Zusammenarbeit mit der BGR über einen Adapter an das Internet angeschlossen. Er steht so für Softwaretests allen Projektpartnern zur Verfügung.

Ein neuer Empfänger mit neuer Elektronik wurde aufgebaut. Er wird im Moment getestet und funktional erweitert. Dieser neue Empfänger enthält aktuelle AD-Umsetzer mit einer maximalen Abtastrate von 125 MSPS. Des Weiteren wurde ein schnelleres FPGA der Virtex-4 Serie verwendet. Dadurch werden eine schnellere Messung und eine höhere Messgenauigkeit ermöglicht. Eine verlängerte Betriebsdauer des Empfangssystems ist durch weitere Energiesparmaßnahmen innerhalb der Elektronik möglich.

Der Testgenerator wurde um einen Ausgangskanal erweitert, um die Schleifenkanäle separat von dem Dipolkanal testen zu können. Es wurde außerdem die Möglichkeit geschaffen, die Testsignale abzuschwächen. Dadurch ergeben sich erweiterte Möglichkeiten eines Sondenselbsttests.

Der neue Testgenerator ermöglicht es, das Testsignal in den Dipolkanal einzuspeisen und so die Symmetrie der Antennen zu prüfen. Des Weiteren kann so die Lage der Sonde im Bohrloch abgeschätzt werden. Dies wurde in einer Messung im Testfeld Asse 2 bestätigt.

TET:

Als Alternative zu einer drahtgebundenen Kommunikation zwischen Empfangs- und Kontrollmodul wurde die Datenübertragung über eine drahtlose Kommunikationsstrecke mittels Bluetooth Technik realisiert. Mit den eingesetzten Bluetooth Modulen ist eine maximale Datenübertragung von 920 kbps möglich. Der für die Übertragungsstrecke eingesetzte Wellenleiter wurde am Rechner optimiert, um eine gute Übertragungsqualität zu erreichen.

Für die anschließende Datenübertragung über das Bohrlochkabel vom Kontrollmodul zum Steuerrechner wurde eine VDSL Übertragung eingesetzt. Für die Datenkonvertierung von der Bluetooth - auf die DSL - Übertragungsstrecke wurde ein Interface aufgebaut und erfolgreich getestet. Aufgrund der schlechten Übertragungseigenschaften des eingesetzten Bohrlochkabels wurden die DSL Modems modifiziert. Die Datenübertragung über DSL erfolgt asymmetrisch. Die Verschiebung des Übertragungsbandes aus dem standardisierten DSL Bereich zu tieferen Frequenzen, die normalerweise für den ISDN Bereich reserviert sind, durch den Einsatz anderer Filtermodule führt zu einer stabilen Kommunikation zwischen Kontrollmodul und Steuerrechner mit einer guten Datenübertragungsrate.

Die komplette Datenübertragungsstrecke wird über eine Flusskontrolle gesteuert, wodurch Informationsverlust bzw. eine fehlerhafte Datenübertragung durch unterschiedliche Latenzzeiten vermieden wird. Die Datenübertragung wurde unter Laborbedingungen über ein Bohrlochkabel mit 500 m Länge erfolgreich getestet.

4. Geplante WeiterarbeitenHFT:

Ausgehend von den Erkenntnissen aus den letzten Tests sollen die vorhandenen Baugruppen weiter verbessert werden. Aus den Ergebnissen der Untersuchungen der Adaptionsbaugruppe sollen geeignete Parametersätze gewonnen werden, um z. B. adaptiv ein Optimum des Signal-Rausch-Abstands erreichen zu können, unter Verzicht auf maximale Bandbreite des Systems. Außerdem sind weitere Arbeiten an der drahtlosen Kommunikationsstrecke zwischen Empfangs- und Kontrollmodul vorgesehen, die im Rahmen eines der folgenden Tests in Einsatz kommen soll.

EMT:

Die neu aufgebaute Empfängerelektronik wird bei der nächsten Testmessung im Radarsystem getestet. Eine Charakterisierung der technischen Daten des neuen Empfängers soll dann im Testfeld und im Labor durchgeführt werden.

Die Möglichkeit des neuen Testgenerators, die Symmetrie in der Umgebung festzustellen, muss weiter untersucht werden und mit Testmessungen überprüft werden. Diese Untersuchung soll ermitteln, welche Möglichkeiten es gibt, die Lage der Sonde im Bohrloch festzustellen. Dabei wird ein Testsignal in den Dipolkanal eingespeist und auf den beiden Schleifenkanälen empfangen.

Die gesamte Empfängerelektronik wird in der nächsten Zeit für die Fertigung der Radarsonde optimiert.

TET:

Die neu optimierte Wellenleiterstruktur soll bzgl. ihrer Übertragungseigenschaften charakterisiert werden. Des Weiteren wird im Rahmen der nächsten Testmessungen die neu aufgebaute Kommunikationsstrecke getestet.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Es wurde ein Beitrag zur Konferenz IWAGPR2007 (International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar) eingereicht. Ergebnisse zur Kalibrierung wurden von Herr Olaf Borchert vorgetragen.

Zuwendungsempfänger: DMT GmbH, Am Technologiepark 1, 45307 Essen		Förderkennzeichen: 02 C 1094
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben: „Entwicklung eines richtungssensitiven Georadar-Bohrlochmessverfahrens“, Teilvorhaben: Entwicklung und Bau der Steuer- und Digitalisierungseinheit, der mechanischen Komponenten und der Datenerfassungseinheit		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2004 bis 31.03.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 395.241,00 EUR	Projektleiter: Kröger	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die erhöhte Anforderung, umweltbelastende Stoffe sicher zu lagern, erfordert die Errichtung sicherer untertägiger Deponien. Aufgrund der begrenzten Sicherheit technischer Barrieren ist es wichtig, natürliche geologische Barrieren zu finden, die langfristig sicherer sein können.

In diesem Forschungsvorhaben soll eine neue Radar-Bohrlochsonde entwickelt werden, mit der aus einer allein stehenden Bohrung räumliche Informationen über das anliegende Gebirge gewonnen werden.

Das Forschungsvorhaben ist ein Verbundvorhaben an dem sich folgende Institutionen beteiligen:

- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover, Fachgruppe Geophysikalische Forschung, Ref. Geophysik für das Ressourcenmanagement.
- Bergische Universität Wuppertal, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik, Wuppertal
- Deutsche Montan Technologie GmbH (DMT), Essen Geomesssysteme, Exploration & Geosurvey

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Verbundvorhaben gliedert sich in drei Teilvorhaben, die von den angeführten Institutionen in eigener Verantwortung durchgeführt werden.

Teilvorhaben I: „Entwicklung eines aktiven richtungssensitiven Bohrlochantennensystems“; Bergische Universität Wuppertal, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik, Wuppertal

Teilvorhaben II: „Entwicklung und Bau der Steuer- und Digitalisierungseinheit, der mechanischen Komponenten und der Datenerfassungseinheit“; Deutsche Montan Technologie GmbH (DMT), Essen

Teilvorhaben III: „Weiterentwicklung der räumlichen Auswertung von richtungssensitiven EMR-Bohrlochmessdaten“; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Eine weitere Testmessung wurde zu Beginn des Berichtszeitraums geplant und durchgeführt. Ziel der Testmessung war die Ermittlung der Grundeigenschaften des DABOR Systems:

- Quantifizierung der Störungen aus dem System bzw. Rauschverhalten (erfolgt außerhalb des Bohrlochs)
Aufzeichnung von Signalspuren aller Komponenten (Dipol, Rahmen 1, Rahmen 2) ohne Antennen bzw. mit kurzgeschlossenen Antennen.
Aufzeichnung von Signalspuren aller Komponenten (Dipol, Rahmen 1, Rahmen 2) mit aktiven Antennen.
- Systemverhalten Dynamik/ Rauschen unter „Normalbedingungen“ (Bohrung EMR 5)
Statische Messungen mit Sender bei einer Teufe von ca. 10 m. Messungen mit verschiedenen Verstärkungen und Stapelraten liefern Eckwerte für eine Grundeinstellung.

- Aufnahme eines kurzen Profils, Reflektionsmessung mit den zuvor ermittelten Eckwerten.
- Antennenverhalten (Bohrloch EMR 5 Teufe 6 m bis 10 m je nach Torsionsverhalten des Systems)
Drehmessung 15 Grad Schritte (Reflektion) mit Zentrierringen und PVC Gestänge am CCM.

Die Ergebnisse der durchgeführten Messungen sind in den formalisierten Zwischenberichten der Bergischen Universität Wuppertal und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe dokumentiert.

Weitere durchgeführte Arbeiten:

Control & Communication Modul (CCM):

Der Prototyp des CCM ist verändert worden, so dass nun die GFK Verbindungselemente (die späteren Druckrohre) adaptiert werden können. Das CCM hat ein neues Gehäuse erhalten und ist auf 1000 mm verlängert worden. Es nimmt jetzt Datenübertragungs- sowie Stromversorgungsbaugruppen in verschiedenen Variationen auf, so dass verschiedene Datenübertragungsmodi getestet werden können. Verlaufen diese Test erfolgreich, so kann das Gehäuse (Druckrohr) für das CCM in der endgültigen Form gefertigt werden. Es wurden alle Justageelemente für die interne Kommunikationsstrecke modifiziert und in die Druckrohre integriert.

Transmitter Modul (TM):

Die Auskopplung eines zeitlich stabilen Triggersignals wurde in diesem Projektabschnitt weiter untersucht. Unter Laborbedingungen waren diese Arbeiten erfolgreich, so dass der Prototyp dieser Baugruppe jetzt in „Geräteversion“ realisiert werden kann. Eine kleine Rahmenantenne nimmt im Speisepunkt des Senders den Sendepuls breit bandig auf. Das aufgenommene Signal wird mittels eines Begrenzerverstärkers soweit verstärkt, dass ein Impuls von mindestens 40 ns Länge entsteht. Eine entsprechende Treiberschaltung gewährleistet dann die Ansteuerung einer Infrarot Leuchtdiode die dann das generierte Triggersignal über einen Lichtwellenleiter zum Receiver Modul sendet. Die selbe Datenstrecke findet auch bei der Übertragung vom Ladezustand der Sender-Batterien Verwendung. Der im Sender zu platzierende Mikrokontroller hat neben der Sender-Leistungssteuerung auch die Aufgabe des Batteriemangements. Einerseits gilt es die Batterien bei Unterspannung abzuschalten, um die Messergebnisse bei zu geringer Sendeleistung nicht zu verfälschen, andererseits soll der Batteriestatus dem Receiver Modul mitgeteilt werden, um das Ende der Messung rechtzeitig zu signalisieren. Die Lichtwellenleiter Datenstrecke wird als bidirektionale Übertragungsstrecke realisiert, da ohnehin eine Triggerverbindung zwischen Receiver Modul und Transmitter Modul benötigt wird. Die Verwendung von nur einer Glasfaserstrecke für beide Funktionen reduziert die Anzahl der optischen Steckverbindungen, was zu einer höheren Betriebssicherheit führt.

Die Untersuchungen am Mikrokontroller selbst sind noch nicht abgeschlossen, der Sendepuls generiert zeitweise noch Fehlfunktionen im Mikrokontroller. Es liegen jedoch jetzt deutlich stabilere Verhältnisse vor, als im vorausgegangenen Berichtszeitraum, so dass wir mit großer Sicherheit den Mikrokontroller im fertigen Gerät einsetzen und die geplanten Aufgaben damit realisieren können.

Testeinrichtungen:

Für die gesamte Systemcharakterisierung muss auch die Form und Amplitude des abgestrahlten Signals betrachtet werden. Kommerzielle Geräte / Antennen sind bei transienten Vorgängen wie sie hier untersucht werden sollen, nicht unmittelbar geeignet. Um Fehlinterpretationen der Daten auszuschließen, wurde ein optischer Isolator entwickelt und gebaut. Der Isolator nimmt das Sendesignal mittels einer Rahmenantenne in Sendeanennennähe auf und überträgt es analog über ein Glasfaserkabel zu einem optischen Empfänger. Das Sendesignal lässt sich dann auf einem Oszilloskop darstellen. Um mit diesem System eine Amplitudenmessung vorzunehmen, bedarf es noch einer Kalibrierung.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten für die Druckrohre und die Verschraubungen für das robuste Gerät werden weitergeführt unter dem Einfluss der Testergebnisse aus der folgenden Testmessung. Zu den weiteren Arbeiten gehört auch die Vorbereitung der nächsten Messungen. Es wird im August eine weitere Messung auf der Schachanlage Asse stattfinden, die auf den Test der sondeninternen Kommunikation ausgerichtet ist. Darauf folgt dann eine Messung bei K+S, die hauptsächlich der Systemcharakterisierung gilt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Bauhaus-Universität Weimar, Geschwister-Scholl-Straße 8, 99423 Weimar		Förderkennzeichen: 02 C 1104
Vorhabensbezeichnung: Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Abschlussbauwerken: Thermo-Hydro-Mechanisch-Chemisch gekoppelte Systeme		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2004 bis 31.12.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 343.086,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Schanz	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Bei diesem Vorhaben handelt es sich um eine Fortsetzung des Vorhabens *Experimentelle und numerische Untersuchungen des Langzeitverhaltens von Abschlussbauwerken im Salinar mit Bentonitgemischen als Dichtelement* (Abschluss 7/2004). Lag der Schwerpunkt der Arbeiten bisher bei der experimentellen und theoretischen Behandlung des gekoppelten hydraulischen und mechanischen Verhaltens, so werden hier Fragen der thermischen und chemischen Kopplung mit den mechanischen und hydraulischen Phänomenen betrachtet. Einen zweiten Schwerpunkt bilden die Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Tonen. Die bisher beschriebenen physikalischen Phänomene umfassen das gekoppelte hydraulische (Permeabilität, Kapillardruck-Sättigungsbeziehung) mechanische (Quelldruck, Steifigkeit) Verhalten. Darüber hinaus besteht jedoch eine signifikante Evidenz für die notwendige Berücksichtigung zusätzlicher physikalischer Effekte (Temperatur, Kriechen und Alterung).

Im Gegensatz zur bisher ausschließlichen Betrachtung von so genannten *Elementversuchen* sind für die Phase II ergänzend Versuche im Technikumsmaßstab notwendig (Temperatureinflüsse).

Die Berücksichtigung der Zeitabhängigkeit des konstitutiven Verhaltens erfolgt sowohl bei den theoretischen, numerischen als auch bei den experimentellen Arbeitsschwerpunkten.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Zentraler Inhalt der experimentellen Untersuchungen ist die Untersuchung und Charakterisierung des Einflusses der Temperatur (wiederholte Aufsättigungs-/Trocknungs-Zyklen) auf die konstitutiven Eigenschaften (Struktur/Porengrößenverteilung/Mikrorisse/ Permeabilität, Quellen) des Dichtelements (hochverdichtete Bentonit-Sand-Mischung). Dies geschieht im Bezug zur Frage der Langzeitstabilität der Gesamtkonstruktion Verschlussbauwerk
2. Ermittlung der teilgesättigten Permeabilität (in Abhängigkeit von der Saugspannung) von Bentonit-Sand-Mischungen
3. Untersuchung des Zeitverhaltens (Kriechen, Alterung, Phasenübergänge) von Bentonit-Sand-Mischungen
4. Untersuchung des Zusammenhangs zwischen konstitutiven Eigenschaften und der Mikrostruktur (Quecksilberporosimetrie, ESEM-Analyse), Anteil der verschiedenen Porensysteme an der hydraulischen Permeabilität
5. Klärung des Begriffs der Saugspannung bei hochverdichteten Tonen, Einfluss des osmotischen Drucks und dessen Berücksichtigung im numerischen Modell
6. Anwendung der DDL zur Beschreibung des Kompressionsverhaltens von hochverdichteten Sand-Bentonit-Mischungen unter hohen Drücken

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

“One step swelling pressure” Versuche

Probenherstellung:

- Verdichtete reine Bentonit (Calcigel) Proben mit niedriger bis sehr hoher Dichte (Trockendichten von 1.1 Mg/m³ - 1.5 Mg/m³).
- Verdichtete Bentonit-Sand Mischungen mit einer Zusammensetzung von 50 % Bentonit - 50 % Sand mit niedriger und sehr hoher Dichte (Trockendichte der Mischungen von 1.5 Mg/m³ – 2 Mg/m³).

Methodik und Ausrüstung:

Modifizierte UPC Quelldruckzellen. Sättigung in einem Schritt durch die Zuführung von Wasser.

Resultate:

- Entwicklung des Quelldrucks mit der Zeit für 20 °C und 80 °C
- Ableitung der Beziehung Quelldruck versus Porenzahl für 20 °C und 80 °C

“Multi-steps swelling pressure” Versuche bei 80 °C

Probenherstellung:

Verdichtete Bentonit-Sand Mischungen mit einer Zusammensetzung von 50 % Bentonit - 50 % Sand mit sehr hoher Dichte (Trockendichte der Mischungen 2 Mg/m³).

Methodik und Ausrüstung:

Benutzt werden modifizierte UPC Quelldruckzellen. Die Sättigung wird in einzelnen Schritten durch die Änderung der Saugspannung erzielt. Dazu werden sowohl ATT angewandt.

Resultate:

- Entwicklung des Quelldrucks nach vorhergehender schrittweiser Teilbewässerung für Saugspannungen kleiner 1000 kPa
- Wetting curve für die Bedingung konstantes Volumen und Vergleich mit Resultaten aus vorgängiger Projektphase für 20 °C

4. Geplante Weiterarbeiten

“Multi-steps swelling pressure” Versuche bei 80 °C

Die unter Pkt. 3 beschriebenen Versuche werden fortgeführt.

Probenherstellung:

Verdichtete Bentonit-Sand Mischungen mit einer Zusammensetzung von 50 % Bentonit - 50 % Sand mit niedriger und sehr hoher Dichte (Trockendichte der Mischungen von 1.5 Mg/m³ – 2 Mg/m³).

Methodik und Ausrüstung:

Benutzt werden modifizierte UPC Quelldruckzellen. Die Sättigung wird in einzelnen Schritten durch die Änderung der Saugspannung erzielt (ATT, Keramik mit hohen Lufteintrittspunkt).

Resultate:

- Entwicklung des Quelldrucks für Saugspannungen kleiner 1000 kPa
- Wetting curve für die Bedingung konstantes Volumen und Vergleich mit Resultaten aus vorgängiger Projektphase für 20 °C

„Oedometerversuche“ bei 80 °C

Probenherstellung:

Verdichtete Bentonit-Sand Mischungen mit einer Zusammensetzung von 50 % Bentonit - 50 % Sand mit sehr hoher Dichte (Trockendichte der Mischungen 2 Mg/m³). Ergänzend wird das reine Calcigel mit äquivalenter Dichte untersucht.

Methodik und Ausrüstung:

- Modifizierte UPC Oedometerzelle

Erwartete Resultate:

- Vergleich mit vorherigen Ergebnissen bei 20 °C & thermischer Ausdehnungskoeffizient.

5. Berichte, Veröffentlichungen

1 weiterer Konferenzbeitrag, Details über tom.schanz@bauing.uni-weimar.de

Zuwendungsempfänger: Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Wilhelmstr. 7, 72074 Tübingen		Förderkennzeichen: 02 C 1114
Vorhabensbezeichnung: Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Abschlussbauwerken: Thermo-Hydro-Mechanisch-Chemisch gekoppelte Systeme		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2005 bis 31.12.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 319.906,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Kolditz	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die im Rahmen der bisherigen Arbeiten beschriebenen physikalischen Phänomene umfassen das gekoppelte hydraulische und mechanische Verhalten von Bentonit-Sand-Gemischen, die zur Erstellung von Dichtelementen für untertägige Deponien und Verschlüsse verwendet werden. Darüber hinaus besteht jedoch eine signifikante Evidenz für die notwendige Berücksichtigung zusätzlicher physikalischer und chemischer Effekte (Temperatureinfluss, Zeiteffekte wie Kriechen und Alterung, mineralische Phasenübergänge, Gasfreisetzung und Migration, Wechselwirkungen mit freigesetzten Schadstoffen), die sich durch teilweise vorhandene experimentelle Beobachtungen unterlegen lässt. Die Forschungsschwerpunkte der zweiten Projektphase sind nicht-isotherme Effekte, transiente Deformationsprozesse, Veränderungen von Permeabilitäten infolge von THMC Prozessen. Dabei geht es insbesondere um Fragen der Langzeitstabilität von Dichtelementen. Die wissenschaftlichen Ergebnisse werden wie in dem bisherigen Projekt in wissenschaftlichen Fachzeitschriften und auf internationalen Fachtagungen publiziert. Daneben werden eigenständige wissenschaftliche Veranstaltungen in Form von Workshops durchgeführt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Untersuchungsprogramm dieses Vorhabens zur Entwicklung eines numerischen THMC-Simulators orientiert sich an den physiko-chemischen Prozessen in Verschlussmaterialien (WP-T1: Thermische Prozesse, WP-T2 Hydraulische Prozesse, WP-T3: Mechanische Prozesse, WP-T4 Chemische Prozesse). Numerische Verfahren (WP-T5), Softwareentwicklung (WP-T6) und Höchstleistungsrechnen (WP-T7) bilden den technischen Rahmen des Vorhabens.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Folgende Arbeiten wurden im Berichtszeitraum durchgeführt:

- WP-T2 Hydraulische Prozesse:
Entwicklung eines nicht-isothermen Mehrphasen-Strömungsmodells,

- WP-T3 Mechanische Prozesse:
Implementierung weiterer Stoffmodelle für visko-elastische Deformationen (quasi-stationäres Kriechmodell der BGR) (Wang et al. 2007c),
- WP-T2/3 Hydro-Mechanische Prozesse:
Implementierung neuer Modelle zur Berücksichtigung spannungsabhängiger Gesteins-permeabilitäten im Kristallin (Wang et al. 2007d), Betrachtung von HM gekoppelten kontaktmechanischen Prozessen in klüftigen Gesteinen (Walsh et al. 2007),
- WP-T4 Chemische Prozesse:
siehe Zwischenbericht zum Vorhaben C1295,
- WP-T5 Numerische Verfahren:
Weitere Verifizierung von THM Modellen anhand von DECOVALEX Benchmarks (Wang et al. 2007d),
- WP-T6 Softwareentwicklung:
Entwicklung eines GUI-Editors für gekoppelte THM Prozesse,
- WP-T7 Höchstleistungsrechnen:
Erfolgreiche Simulationen von 3-D THM Modellen auf verschiedenen Plattformen (Linux-Cluster und Super-Computer) (Wang et al. 2007a, b).

4. Geplante Weiterarbeiten

Die programmtechnische Seite des Vorhabens ist abgeschlossen. In der abschließenden Projektphase sollen experimentelle Daten aus Weimar (Prof. Schanz) mit dem neuen Modellierungswerkzeugen ausgewertet werden. Ferner soll die Recheneffizienz durch Parallel Computing weiter verbessert werden. In der nächsten Projektphase sind folgende Arbeitsschritte geplant:

- Numerische Auswertung experimenteller Daten von Quelldrücken in kompaktierten Bentoniten bei verschiedenen Temperaturniveaus.
- Numerische Modellierung nicht-isothermer Prozesse bei Quelldruckversuchen (nicht-isotherme Prozessführung).

5. Berichte, Veröffentlichungen

Wang W and Kolditz O (2007): Object-oriented finite element analysis of thermo-hydro-mechanical (THM) problems in porous media, *Int. J. Numerical Methods in Engineering*, vol. 69 (1): 162-201, DOI: 10.1002/nme.1770.

Wang W, Kosakowski G and Kolditz O (2007a): Finite element analysis of thermo-hydro-mechanical (THM) coupled problems: parallel computing, *ICCES2007*, vol. 1, no. 1, pp. 1-10.

Wang W, Adamidis P, Hess M, Kemmler D and Kolditz O (2007b): Parallel finite element analysis of THM coupled processes in unsaturated porous media, In: *Springer Proceedings in Physics* (Schanz, ed), vol. 113: pp. 165-175, Springer Publisher.

Wang W, Walsh R, Shao H, Xie M, Kolditz O (2007c): Simulation of long-term thermal, hydraulic and mechanical interaction between buffer and salt host rock, In: *The Mechanical Behavior of Salt – Understanding of THMC Processes in Salt*, pp. 201-208, Taylor and Francis Publisher.

Walsh R, McDermott C and Kolditz O (2007): Modeling stress-permeability coupling in fractures: a finite element approach with realistic discrete fractures, accepted by *Journal of Hydrogeology*.

Wang W, Walsh R, Shao H, Kolditz O (2007d): DECOVALEX Progress Report on THM Modeling, Technical Report, University of Tübingen and Helmholtz-Center for Environmental Research Leipzig.

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Bergakademie Freiberg, Akademiestraße 6, 09599 Freiberg		Förderkennzeichen: 02 C 1124
Vorhabensbezeichnung: Diversitäre und redundante Dichtelemente für langzeitstabile Verschlussbauwerke		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2004 bis 31.03.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 642.644,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Kudla	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Gesamtziel des Vorhabens ist, geeignete Materialien und neuartige konstruktive Lösungen zu finden, mit denen zu bereits bekannten Bentonitdichtelementen weitere Dichtelemente zu einem redundanten Dichtsystem realisiert werden können, so dass das Gesamtsystem auch bei relativ schnell auftretender Flüssigkeitsdruckbelastung oder eventuell wechselndem Chemismus seine Dichtfunktion, einschließlich der Impermeabilisierung des aufgelockerten, ausbruchsnahen Bereiches erfüllt.

Wird dieses Dichtelement aus Bitumen, Asphalt, Asphaltbeton, Gussasphalt o. ä. hergestellt, erreicht man aufgrund der prinzipiell völlig anderen Dichtmechanismen von Bitumen zum Gebirge und zu wässrigen Lösungen sowie der absoluten Flüssigkeitsdichtheit dieser Materialien zusätzlich ein diversitäres Dichtsystem.

Der Nachweis der Funktionstüchtigkeit solcher Dichtsysteme soll durch halbtechnische Versuche bei unterschiedlichen Belastungsszenarien erfolgen.

Ergänzt werden die Materialuntersuchungen mit Untersuchungen zur Bildung von Mikrorissen in Salzbeton und Solebeton. Dazu werden neue mikromechanische Modelle unter Berücksichtigung des Hydratationsverhaltens und unterschiedlicher Zuschlagstoffe entwickelt und experimentelle Arbeiten durchgeführt. Das Ziel dieser Arbeiten ist, Aussagen zur Beeinflussung der Kinetik der Zementsteinkorrosion durch Salzlösungen zu treffen und damit neue Erkenntnisse zum Langzeitverhalten von Beton unter salinaren Bedingungen zu erhalten.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Wissensstand zu kombinierten Ton – Bitumen / Asphalt – Dichtungen
- AP2: Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Beton unter salinaren Bedingungen
- AP3: Anforderungen und Materialauswahl
- AP4: Modifizierung von Bitumen zur Einstellung der Dichte und des rheologischen Verhaltens
- AP5: Zusammenwirken zwischen Bitumen / Asphalt und Bentonit
- AP6: Konstruktive Lösungen und technische Ausführung
- AP7: Test des Gesamtsystems aus beiden Dichtelementen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP2: Salzbeton mit Quellszusätzen (CaO, MgO) kann bei einer relativen Luftfeuchte von 90 %, einer Temperatur von 36 °C und nachfolgender Lagerung bei 40 % relativer Luftfeuchte und 25 °C nachquellen. Die Mechanismen des Nachquellens konnten noch nicht geklärt werden. Während der Erhärtung des Salzbetons kann es aufgrund von Gefügeunverträglichkeiten zu Spannungen kommen, die bei Überschreiten der Zugfestigkeit zu Mikrorissen führen können. Das unterschiedliche Verhalten von Gesteinskörnung und Zementmatrix, bezüglich Temperatúrausdehnung und Schwindverformung, führt zu Gefügespannungen direkt an den Grenzflächen zwischen dem Salzzuschlag und der Zementmatrix. Mit dem Programmpaket Abaqus ist es möglich ein Finite-Elemente-Modell aus mehreren hierarchisch angeordneten Submodellen aufzubauen.
- AP4: Die Arbeiten zur Rezepturentwicklung von Asphalt sind abgeschlossen.
- AP5: Simulation des Szenarios "Einbau Heißasphalt auf Bentonit". Kalibrierung der Modellparameter durch einen halbtechnischen Versuch mit einem Bentonitdichtelement und Gussasphalt. Je nach den Einbaubedingungen müssen im Grenzbereich 3-10 cm Bentonit als dauerhaft geschädigt betrachtet werden, wenn dieser ohne Zwischenschicht mit Heißasphalt (Einbautemperatur 220 °C) überdeckt wird.
- AP6: In-situ-Bohrlochversuch (D = 300 mm) mit einem Asphalt-dichtelement in der Grube Teutschenthal. Durch ein Dichtelement aus nachträglich bei 60 °C und einer mechanischen Belastung von 4 bar monolithisierten Asphaltsteinen kann ein Querschnitt im Carnalitzgebirge abgedichtet werden. Die integrale Gaspermeabilität des Systems Bohrloch / Asphalt-dichtung betrug $8 \cdot 10^{-20} \text{ m}^2$.
- AP7: Beginn der Arbeiten. Vorbereitungen für halbtechnische Versuche.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP2: FEM-Berechnungen zur Rissbildung. Darstellung der Mikrostruktur und das mikro-mechanische Verhalten von Werkstoffen anhand von Schlißbildern.
- AP5: Einfluss des Quellverhaltens des Bentonits auf die Verformung einer Asphaltmastix.
- AP6: Nachuntersuchungen zum In-situ-Bohrlochversuch in der Grube Teutschenthal.
- AP7: Halbtechnischer Versuch zum Test eines Asphalt-elementes für Schachtverschlüsse. In-situ-Versuch zum Test eines Asphalt-elementes für Streckenverschlüsse.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Clausthal, Adolph-Römer-Straße 2a, 38678 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 C 1134
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen an Calciumsulfat-Steinsalz-Baustoffen für Dammbauwerke in Untertage-Deponien und Endlagern		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2004 bis 30.06.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 449.188,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Langefeld	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Gesamtziel des Vorhabens ist die Untersuchung eines geeigneten Baustoffs für die Erstellung von Dammbauwerken für Untertage-Deponien und Endlager im Salzgebirge unter besonderer Berücksichtigung der Langzeitsicherheit, Dehydratationsvorgänge und Migration von freigesetztem Kristallwasser sowie die Bereitstellung eines einsatzfähigen Verfahrens.

Vor Anlaufen eines Großversuchs sollte die pneumatische Einbringbarkeit des Dammbaustoffes und die Eignung der Technologie im Technikumsmaßstab untersucht werden. Bei der Konzeption des Großversuchs ist neben den logistischen und technologischen Fragestellungen auch die Instrumentierung und wissenschaftliche Aufnahme der Ergebnisse zu berücksichtigen.

Das Forschungsziel ist die Untersuchung zur Erstellung eines sicheren und langzeitstabilen Verschlusses von Einlagerungskammern und Strecken nach einer Verbringung von chemisch-toxischen und radioaktiven Abfällen im Salinar.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Untersuchung der pneumatischen Einbringbarkeit des Dammbaustoffes im Technikumsmaßstab am Institut für Bergbau der TU Clausthal und auf dem Forschungsbergwerk Asse
2. Konzeption eines Großversuchs auf dem Forschungsbergwerk Asse
3. Aufbau und Durchführung des Großversuchs
4. Datenerfassung, Auswertung und wissenschaftliche Aufbereitung der Versuchsergebnisse
5. Rückbau des Großversuchs und Erstellung eines Abschlussberichtes

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Berichtszeitraum wurden hauptsächlich Arbeiten der Arbeitspakete 4 und 5 durchgeführt, d. h. es stand die Datenerfassung und die Auswertung der Versuchsergebnisse im Vordergrund. Dabei wurde eine weitere Abtrocknung des Bauwerks festgestellt. Die Temperaturen liegen im Bereich der aktuellen Gebirgstemperatur. Parallel wurde ein Versuchsstand zur weiteren Untersuchung der Feuchtemesstechnik am Institut für Bergbau installiert und in Betrieb genommen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Im nächsten Berichtszeitraum wird die Datenerfassung und Auswertung fortgeführt. Begleitend sollen am Institut für Bergbau Versuche zur Kalibrierung der Ergebnisse der Feuchtemessung weitergeführt werden. Es sollen Untersuchungen zum Quellverhalten des Baustoffs unter isobaren und isochoren Bedingungen durchgeführt werden. Des Weiteren sind Messungen bezüglich der Wärmeleitfähigkeit des Baustoffs vorgesehen.

Im Weiteren sind noch Überlegungen zur weiteren Optimierung der Blastechnik insbesondere der Benetzungsdüse vorgesehen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V., Bautzner Landstraße 128 (B6), 01328 Dresden		Förderkennzeichen: 02 C 1144
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Integriertes Sorptions-Datenbanksystem für Wechselwirkungen chemisch-toxischer und radioaktiver Kontaminanten mit mineralischen Systemen in geologischen Formationen (ISDA-FZD)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2004 bis 31.12.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 197.205,00 EUR	Projektleiter: Dr. Brendler	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist es, Voraussetzungen für zuverlässigere Prognosen zur räumlichen und zeitlichen Ausbreitung von chemisch-toxischen Kontaminanten und Radionukliden zu schaffen, welche wiederum Basis für Risikoanalysen unter Berücksichtigung verschiedener möglicher Szenarien sind. Im Vordergrund des Vorhabens steht die Zusammenführung und Weiterentwicklung bestehender Sorptionsdatenbanken (SODA [GRS] und RES³T [FZD]) zu einem Datenbank-Tool mit umfassenden geochemischen Informationen zur Charakterisierung des Schadstoffrückhaltevermögens von Gesteinen im Deck- und Umgebungsgebirge von untertägigen Entsorgungsmaßnahmen.

Ausgehend von der gegenwärtigen Datensituation in den Datenbanken SODA und RES³T werden außerdem wesentliche Datenlücken identifiziert und exemplarisch im Rahmen eines experimentellen Untersuchungsprogramms mittels Batch- und ausgewählter Säulenversuche geschlossen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Zusammenführung der beiden Sorptionsdatenbanken SODA und RES³T (Konvergenz von Tabellenstruktur und internen Beziehungen von SODA und RES³T, begrenzte Erweiterung der Funktionalität)
- AP2: Programmierung und Gestaltung eines Web-Interfaces zur weltweiten Nutzung und Aktualisierung der Datenbank (inkl. Einführung eines Autorisierungsschemas), Erarbeitung eines Online-Manuals
- AP3: Erweiterung des Datenbestandes (kontinuierliche Sichtung vorhandener Literatur zur Sorption von Kontaminanten und Matrixelementen) mit Auswertung und Dokumentation
- AP4: Exemplarische Schließung von Datenlücken durch eigene Experimente (Datenauswertung und Spezifizierung von Experimenten, Säulen- und Batchexperimente zu definierten Systemen)

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP3: Erweiterung des Datenbestandes

- Sichtung vorhandener Literatur, Auswertung und Dokumentation und kontinuierliche Recherche neuer Literatur (Zeitschriftenartikel, Dissertationen u. a.), Einpflegen der Daten in die Datenbank
- Zusammenarbeit mit den ISDA-Partnern: weitere Bestellung und gegenseitige Bereitstellung von Literatur (als PDF-Datei und Hardcopy)

AP4: Experimentelle Schließung von Datenlücken

- Batchversuche: Sorption von Blei an Quarz:
 - Variation des pH-Wertes
- Säulenversuche: Sorption von Uran an Quarzsand:
 - Säulencharakterisierung mit Tritium
 - Beginn der Sorption von Uran

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1: Überführung der kompletten RES³T-Datensätze in die neue Tabellenstruktur

AP2: Gestaltung der Datenbank-Administration (Sicherheit, Nutzerverwaltung)

AP3: Kontinuierliche Erfassung, Auswertung und Dokumentation vorhandener und neuer Literatur

AP4: Weiterführung des Säulenversuchs mit Quarzsand

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: DMT GmbH, Am Technologiepark 1, 45307 Essen		Förderkennzeichen: 02 C 1154	
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Integriertes Sorptions-Datenbanksystem für Wechselwirkungen chemisch-toxischer und radioaktiver Kontaminanten mit mineralischen Systemen in geologischen Formationen (ISDA-DMT)			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2004 bis 31.12.2007		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 88.492,50 EUR		Projektleiter: Dr. Klinger	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist es, Voraussetzungen für zuverlässigere Prognosen zur räumlichen und zeitlichen Ausbreitung von chemisch-toxischen Kontaminanten und Radionukliden zu schaffen, welche wiederum Basis für Risikoanalysen unter Berücksichtigung verschiedener möglicher Szenarien sind. Im Vordergrund des Vorhabens steht die Zusammenführung und Weiterentwicklung bestehender Sorptionsdatenbanken SODA [GRS] und RES³T [FZD] zu einem Datenbank-Tool mit umfassenden geochemischen Informationen zur Charakterisierung des Schadstoffrückhaltevermögens von Gesteinen im Deck- und Umgebungsgebirge von untertägigen Entsorgungsmaßnahmen.

Ausgehend von der gegenwärtigen Datensituation in den Datenbanken SODA und RES³T werden außerdem wesentliche Datenlücken identifiziert und exemplarisch im Rahmen eines experimentellen Untersuchungsprogramms mittels Batch- und ausgewählter Säulenversuche geschlossen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Zusammenführung der beiden Sorptionsdatenbanken SODA und RES³T (Konvergenz von Tabellenstruktur und internen Beziehungen von SODA und RES³T, begrenzte Erweiterung der Funktionalität)
- AP2: Programmierung und Gestaltung eines Web-Interfaces zur weltweiten Nutzung und Aktualisierung der Datenbank (incl. Einführung eines Autorisierungsschemas), Erarbeitung eines Online-Manuals
- AP3: Erweiterung des Datenbestandes (kontinuierliche Sichtung vorhandener Literatur zur Sorption von Kontaminanten und Matrixelementen) mit Auswertung und Dokumentation
- AP4: Exemplarische Schließung von Datenlücken durch eigene Experimente (Datenauswertung und Spezifizierung von Experimenten, Säulen- und Batchexperimente zu definierten Systemen)

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Zusammenführung der Datenbanken SODA und RES³T

- Anpassung und Korrektur der ISDA-Parameterlisten
- Umstellung der Einheiten und Übertragung der Begrifflichkeiten ins Englische
- Erstellung von Abfragekonzepten zur Datenrecherche

AP3: Erweiterung des Datenbestandes

- Auswertung des recherchierten Literaturbestandes
- Zuordnung der Datensätze und Aufbereitung der Literaturdaten zur Datenbankeingabe

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1: Zusammenführung der Datenbanken SODA und RES³T

- Test der ISDA-Datenbankstruktur bei der Dateneingabe unter Berücksichtigung heterogener Datensätze

AP3: Erweiterung des Datenbestandes

- Dateneingabe in die ISDA-Datenbankstruktur
- Datenauswertung

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 1164	
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Integriertes Sorptions-Datenbanksystem für Wechselwirkungen chemisch-toxischer und radioaktiver Kontaminanten mit mineralischen Systemen in geologischen Formationen (ISDA-GRS)			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2004 bis 31.12.2007		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 316.057,50 EUR		Projektleiter: Dr. Brassler	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist es, Voraussetzungen für zuverlässigere Prognosen zur räumlichen und zeitlichen Ausbreitung von chemisch-toxischen Kontaminanten und Radionukliden zu schaffen, welche wiederum Basis für Risikoanalysen unter Berücksichtigung verschiedener möglicher Szenarien sind. Im Vordergrund des Vorhabens steht die Zusammenführung und Weiterentwicklung bestehender Sorptionsdatenbanken (SODA [GRS] und RES³T [FZD]) zu einem Datenbank-Tool mit umfassenden geochemischen Informationen zur Charakterisierung des Schadstoffrückhaltevermögens von Gesteinen im Deck- und Umgebungsgebirge von untertägigen Entsorgungsmaßnahmen.

Ausgehend von der gegenwärtigen Datensituation in den Datenbanken SODA und RES³T werden außerdem wesentliche Datenlücken identifiziert und exemplarisch im Rahmen eines experimentellen Untersuchungsprogramms mittels Batch- und ausgewählter Säulenversuche geschlossen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Zusammenführung der beiden Sorptionsdatenbanken SODA und RES³T (Konvergenz von Tabellenstruktur und internen Beziehungen von SODA und RES³T, begrenzte Erweiterung der Funktionalität)
- AP2: Programmierung und Gestaltung eines Web-Interfaces zur weltweiten Nutzung und Aktualisierung der Datenbank (incl. Einführung eines Autorisierungsschemas), Erarbeitung eines Online-Manuals
- AP3: Erweiterung des Datenbestandes (kontinuierliche Sichtung vorhandener Literatur zur Sorption von Kontaminanten und Matrixelementen) mit Auswertung und Dokumentation
- AP4: Exemplarische Schließung von Datenlücken durch eigene Experimente (Datenauswertung und Spezifizierung von Experimenten, Säulen- und Batchexperimente zu definierten Systemen)

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Zusammenführung der Datenbanken SODA und RES³T

- Anpassung und Korrektur der ISDA-Parameterlisten
- Erarbeitung eines Abfragekonzepten zur Datenrecherche

AP3: Erweiterung des Datenbestandes

- Fortführung und Aktualisierung der bisherigen Literaturrecherchen mittels ScienceDirect, Beschaffung fehlender Publikationen
- Auswertung sämtlicher Rechercheergebnisse hinsichtlich Vorhabensrelevanz, Kontaminanten und Gesteins-/Mineralmatrices
- Überarbeitung, Anpassung und Einbindung des JNC-SDB-Literaturdatenbestandes in ISDA zur Erweiterung des Funktionsumfangs
- Literatúrauszug und ISDA-konforme Aufbereitung von ca. 2500 Datensätzen zur Übernahme in die Datenbank

AP4: Experimentelle Schließung von Datenlücken

- Weiterführung der vergleichenden Laborexperimente an natürlichen und synthetischen Gesteinssystemen mit synthetischen Schadstofflösungen
- Konzeption eines Säulenversuchs (mit FZD)

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1: Fortlaufende Anpassungsarbeiten zur Verbesserung der Anwenderfreundlichkeit

AP3: Kontinuierliche Erfassung, Auswertung und Dokumentation vorhandener und neuer Literatur sowie deren datenbankmäßige Erfassung (Literatur und Daten)

AP4: Abschluss der Batch- und Säulenversuche
Aufbereitung der Labordaten für deren DB-mäßige Erfassung

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: EnviCon Dr. Veerhoff & Scherschel GdR, Staffelgasse 15, 53347 Alfter		Förderkennzeichen: 02 C 1174
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Integriertes Sorptions-Datenbanksystem für Wechselwirkungen chemisch-toxischer und radioaktiver Kontaminanten mit mineralischen Systemen in geologischen Formationen (ISDA-EnviCon)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2004 bis 31.12.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 231.985,00 EUR	Projektleiter: Dr. Veerhoff	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist es, Voraussetzungen für zuverlässigere Prognosen zur räumlichen und zeitlichen Ausbreitung von chemisch-toxischen Kontaminanten und Radionukliden zu schaffen, welche wiederum Basis für Risikoanalysen unter Berücksichtigung verschiedener möglicher Szenarien sind. Im Vordergrund des Vorhabens steht die Zusammenführung und Weiterentwicklung bestehender Sorptionsdatenbanken (SODA [GRS] und RES³T [FZD]) zu einem Datenbank-Tool mit umfassenden geochemischen Informationen zur Charakterisierung des Schadstoffrückhaltevermögens von Gesteinen im Deck- und Umgebungsgebirge von untertägigen Entsorgungsmaßnahmen. Ausgehend von der gegenwärtigen Datensituation in den Datenbanken SODA und RES³T werden außerdem wesentliche Datenlücken identifiziert und exemplarisch im Rahmen eines experimentellen Untersuchungsprogramms mittels Batch- und ausgewählter Säulenversuche geschlossen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Zusammenführung der beiden Sorptionsdatenbanken SODA und RES³T (Konvergenz von Tabellenstruktur und internen Beziehungen von SODA und RES³T, begrenzte Erweiterung der Funktionalität)
- AP2: Programmierung und Gestaltung eines Web-Interfaces zur weltweiten Nutzung und Aktualisierung der Datenbank (incl. Einführung eines Autorisierungsschemas), Erarbeitung eines Online-Manuals
- AP3: Erweiterung des Datenbestandes (kontinuierliche Sichtung vorhandener Literatur zur Sorption von Kontaminanten und Matrixelementen) mit Auswertung und Dokumentation
- AP4: Exemplarische Schließung von Datenlücken durch eigene Experimente (Datenauswertung und Spezifizierung von Experimenten, Säulen- und Batchexperimente zu definierten Systemen)

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Zusammenführung der Datenbanken SODA und RES³T

- Strukturelle Ergänzung der DB zur Speicherung von Wertebereichen ohne Anlage dafür spezieller Parameter (xy_LowerLimit, xy_UpperLimit). Die Anzeigegenauigkeit numerischer Eigenschaften kann nun über eine Precision-Angabe festgelegt werden.
- Möglichkeit der Definition von Abhängigkeiten von Eigenschaften untereinander. Damit entfällt die Mehrfachdeklaration von Eigenschaften für die diversen Abhängigkeiten.
- Freie Definierbarkeit der Reihenfolge von Eigenschaften (und Optionen) bei der Zuordnung zu einem ISDA-Element ist frei definierbar.
- Verlagerung der datenzugriffintensiven Kopierfunktionen für Proben und Versuche in die Datenbank.
- Aufbau einer zusätzlichen Tabelle zur Aufnahme der XML-basierten Literaturverschlagnung.
- Das Backend wurde auf PostgreSQL 8.2 umgestellt.

AP2: Programmierung und Gestaltung eines Web-Interfaces

- Das ursprüngliche Mockup wird sukzessive zur Anwendung ausgebaut.
- Installation der Ajax-Schnittstelle cfajax.
- Die ISDA-Anwendung beherrscht nun Datensatzsperrungen und ist damit mehrbenutzerfähig.
- Entwicklung einer dynamischen Brotkrumennavigation.
- Für jede Eigenschaft kann ein Satz (Ajax-basierter) Javascript-Funktionen definiert werden, die in den Edit-Fenstern dem Anwender zur Verfügung gestellt werden. Bspw. kann der Mnemoniccode einer Publikation automatisch generiert werden.
- Für numerische Felder steht ein Ajax-basierter Einheitenrechner zur Verfügung.

AP3: Erweiterung des Datenbestandes

- Abgleich und Überarbeitung der Parameter- und Optionslisten. Anpassung der Eigenschaften an die strukturellen Anforderungen der ISDA.
- Sichtung vorhandener Literatur nach verwendbaren Daten. Zwischenspeicherung zum späteren Import in Excel-Tabellen.
- Definition von Umrechnungsformeln für den Einsatz im halbautomatischen Einheitenrechner der ISDA-Anwendung.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterentwicklung der Datenbankstruktur nach Erfordernissen des Frontend-Ausbaus sowie dem Aufbau des Authorisierungsschemas durch FZD.
- Nachtrag der bisher fehlenden Literaturverschlagnung und Import neuer Daten.
- Der im Mockup bisher nicht umgesetzte Zugang zum SCM-Teil der Datenbank wird im Frontend bereitgestellt.
- Spezifikation und Entwicklung webbasierter Importroutinen.
- Export vorhandener Listen und Suchergebnisse als Download in xml/csv-Dateien.
- Spezifikation und Entwicklung von Recherche-Funktionen.
- Kontinuierliche Erfassung, Auswertung, datenbankmäßige Erfassung und Dokumentation vorhandener und neuer Literatur.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (FhG), Hansastraße 27c, 80686 München		Förderkennzeichen: 02 C 1184
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung eines Messsystems zur hochauflösenden zerstörungsfreien Erkundung von Gesteinsnahbereichen mittels Sonar		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2004 bis 31.01.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 469.877,50 EUR	Projektleiter: Dr. Kühnicke	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Erkundung und Bewertung der Auflockerungszonen um bereits existierende Hohlräume in bergmännisch genutzten Grubengebäuden sind vor allem bei der Vorbereitung des Einbaus von Verschlussbauwerken wichtige Voraussetzungen für detaillierte Planungen und qualifizierte Langzeitsicherheitsnachweise von Endlagern und Untertagedeponien.

Das Verbundvorhaben hat die Entwicklung und den In-situ-Test eines Messsystems aus aktiven akustischen und elektromagnetischen Verfahren zur hochauflösenden zerstörungsfreien Strukturerkundung und Kennwertermittlung in Saumzonen um Bergbauhohlräume zum Ziel. Dabei liegt der Schwerpunkt auf einer Detailerkundung der ersten Meter um einen Hohlraum herum, mit dem Ziel einer hohen räumlichen Auflösung. Das Vorhaben wird im Verbund mit der TU Ilmenau, Fachgebiet elektronische Messtechnik, durchgeführt, die den Einsatz eines Vielkanal-Breitband-Radarsystems für diese Aufgabe übernimmt (Förderkennzeichen: 02C1194).

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Modellrechnungen zur Ausbreitung akustischer Wellen in der gradienten Saumzone
- AP2: Vorversuche im Labor und im Bergwerk zur Anpassung und Weiterentwicklung der Hardware und Auswahl der am besten geeigneten Messkonfiguration
- AP3: Kombination der aktiven akustischen und elektromagnetischen Verfahren zur Charakterisierung des Auflockerungszustandes in der Saumzone, Datenverarbeitung und Entwicklung gemeinsamer Interpretationstechniken
- AP4: Validierung der Messergebnisse des Verfahrenskomplexes an den Daten von Permeabilitäts- und Verformungsmessungen
- AP5: Anwendung der aktiven Wellenverfahren zur Langzeitüberwachung bergbauinduzierter Auflockerung und Verformung des Gebirges
- AP6: Auswertung und Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Im Berichtszeitraum keine Aktivitäten.
- AP2: Die Hardwareanpassung wurde mit Untertageeinsätzen speziell entwickelter Leistungsverstärker, Signalvorverstärker und Andruckvorrichtung abgeschlossen.
- AP3: Die Interpretationstechniken zur gemeinsamen Datenverarbeitung von Sonar- und Radardaten wurden weiterentwickelt und auf die in den Jahren 2005 bis 2007 in Maschinenstrecken der Gruben Sondershausen und Bernburg gewonnenen Daten angewandt. Mit den geschaffenen Bearbeitungstechniken können kleinräumige Inhomogenitäten in der bergbauinduzierten Auflockerungszone sicher nachgewiesen werden.
- AP4: In der Grube Bernburg erfolgten zwei weitere Messkampagnen um die Struktur der bergbauinduzierten Auflockerungszone über den gesamten Streckenquerschnitt zu erfassen. Die Messergebnisse des Verfahrenskomplexes können an dieser Messlokation an Daten von Durchlässigkeitsversuchen mit Gas und von Fracversuchen mit Öl und Gas kalibriert werden, die das Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau der TU BAF durchgeführt hat (Abschlussbericht 02C0527 6, April 2001).
- AP5-6: Im Berichtszeitraum keine Aktivitäten.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die In-situ-Messungen sollen mit einer Messkampagne in der Maschinenstrecke der Grube Sondershausen fortgeführt werden. Die Spannvorrichtung zum Andrücken der Prüfköpfe an den Stoß, die sich bei den Untersuchungen in Bernburg bewährt hat, soll für diese Strecke modifiziert werden. In einer letzten Phase der In-situ-Untersuchungen sollen über einen längeren Zeitraum Wiederholungsmessungen erfolgen, um die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse zu analysieren und den Einfluss der Konvergenz des Gebirges und künstlicher Belastungen auf den Auflockerungszustand des Gebirges zu ermitteln. Gleichzeitig wird die Entwicklung methodenübergreifender Interpretationstechniken zur sicheren Charakterisierung des Auflockerungszustandes in der Saumzone fortgesetzt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Die bisherigen Ergebnisse des Forschungsvorhabens wurden am 8. März 2007 im Rahmen des 4. Fachgesprächs „Geophysik und Barriersysteme“ am Institut für Geophysik und Geologie der Universität Leipzig vorgestellt.

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Ilmenau, Ehrenbergstraße 29, 98693 Ilmenau		Förderkennzeichen: 02 C 1194
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung eines Messsystems zur hochauflösenden zerstörungsfreien Erkundung von Gesteinsnahbereichen mittels Höchsthfrequenz-Radar		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2004 bis 31.01.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 294.886,00 EUR	Projektleiter: Dr. Sachs	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Ziel besteht darin, durch zerstörungsfreie und kontinuierlich arbeitende Untersuchungsmethoden Aussagen über den Auflockerungszustand oberflächennaher Salzgesteinschichten zu erhalten. Zur Sondierung werden sehr breitbandige elektromagnetische Wellen (Radar) eingesetzt, um eine hohe räumliche Auflösung und Detektierbarkeit von Gesteinsstörungen zu gewährleisten. Ausgangspunkt der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ist ein neuartiges Radarprinzip, dessen bisher schon hohe Bandbreite noch weiter vergrößert werden soll. Darüber hinaus sind geeignete Antennenanordnungen und Auswertelgorithmen zu finden, mit denen die gesuchten Gesteinsdefekte optimal detektiert werden können. Durch eine enge Kooperation mit einem Schwesterprojekt (IFZP Dresden) zur Ultraschallsondierung von Gesteinen und späterer Fusion der Akustik- mit den Radardaten soll die Aussagekraft und Zuverlässigkeit der Messungen erhöht werden. Die angestrebte Messmethode ermöglicht eine hochauflösende Beurteilung von Auflockerungen, für die zurzeit auch international noch keine erschöpfenden Lösungen existieren. Daraus resultiert ein hohes Marktpotenzial des Radarsystems sowohl für bergbauliche Aufgaben als auch für den Hoch- und Tiefbau.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Theoretische und experimentelle Analyse der Ausbreitungseffekte elektromagnetischer Wellen in der Saumzone von Hohlräumen im Salinar sowie dünnen Schichten in Luft
- Entwicklung, Bau und Test der Sensorelektronik
- Entwicklung, Bau und Test des Scanners und der Sensorelemente
- Messdatenverarbeitung und Parameterextraktion
- Validierung der Messergebnisse
- Langzeitüberwachung bergbauinduzierter Auflockerungen und Verformungen des Gebirges
- Auswertung und Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Aufbau und Integration des neuen Radarkopfes:
 - Sendemodul mit Arbeitsbereich 1-13GHz
 - Empfangsmodul mit äquivalenter Abtastrate von 36GHz
 - Kalibriermodul mit 2 Antennenports
- Weiterentwicklung Steuersoftware für neuen Radarkopf
- Weitere Auswertung der Daten aus Bernburg und Sondershausen
- Untersuchungen der Detektionsleistung des neuen Radarkopfes
- Vorbereitungen zur Implementierung der automatischen Kalibrierung mittels Kal.-Modul

4. Geplante Weiterarbeiten

- Fertigstellung der Auswertung bisheriger Messdaten, vor allem Flächenmessung Sondershausen
- Aufbau eines festen und geschirmten Antennenarrays mit neuen Antennen (2-18GHz)
- Implementierung und Test von automatisierten koaxialen Kalibrierverfahren für Messungen mit 2 Antennenports
- Tests im Labor: Verhalten der neuen Antennen, Stabilität des neuen Radarkopfes
- Durchführung weiterer Experimente in Sondershausen und Bernburg (Maschinenstrecken)
- Radar-Datenverarbeitung:
 - Vorverarbeitung / Datenaufbereitung, Einbeziehung Antennencharakteristiken und Kalibrierung, zeitabhängige Verstärkung
 - Evaluierung von interferometrischen und statistischen Verfahren
 - Erstellung eines Detektions- und Charakterisierungskonzeptes
- Vergleich der Messdaten aus Sondershausen und Bernburg mit den Ergebnissen der Ultraschallmessungen des IZFP

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: GTS Grube Teutschenthal Sicherungs GmbH & Co. KG, Straße der Einheit 9, 06179 Teutschenthal		Förderkennzeichen: 02 C 1204
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung eines Grundkonzeptes für langzeitstabile Streckendämme im leichtlöslichen Salzgestein (Carnallit); Teil 2: Erprobung von Funktionselementen in situ		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2004 bis 31.12.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 4.434.956,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Knoll	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben schließt an das Vorhaben 02C0942 an. Es dient der Vervollständigung und großmaßstäblichen Verifizierung des dort erarbeiteten Grundkonzeptes und der dazugehörigen Bemessungsgrundlagen für die Errichtung von Streckendämmen in leichtlöslichen Salzgesteinen, insbesondere im Carnallit.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Planung eines Versuchsbauwerkes und seiner einzelnen Funktionskomponenten
- AP2: Auswahl der Einbaustandorte für die einzelnen zu untersuchenden Funktionselemente des komplexen Absperrbauwerkes
- AP3: Entwicklung eines interdisziplinären Messkonzeptes zum Nachweis der geplanten Eigenschaften der Dammbaumaterialien und des Umgebungsgesteins sowie ihres Verhaltens im Zeitverlauf; Funktionssicherung des Bauwerkes
- AP4: Untersuchungen zur Abdichtung der Kontaktzone und des unmittelbar daran anschließenden Gebirgsbereiches in der Einbauzone
- AP5: Labor- und In-situ-Untersuchungen zu den im Konzept (AP1) aufgeführten Verschluss-elementen und Materialien
- AP6: Modellrechnungen für das Komplettbauwerk (Dammelemente, Fuge, ALZ, unverritztes Gebirge)
- AP7: Errichtung von Funktionselementen (Module)
- AP8: Konzipierung, Errichtung und Test geeigneter „Vorbau“-Elemente
- AP9: Messtechnische Kontrolle und Überwachung mit Vergleich der Messwerte mit den Berechnungsergebnissen zum geomechanischen und hydraulischen Verhalten
- AP10: Verarbeitung der Ergebnisse zu Prüfkriterien und Testanforderungen für Absperrbauwerke der untersuchten Kategorie
- AP11: Berichtsfassung und Dokumentation

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: abgeschlossen
- AP2: abgeschlossen
- AP3: Das Messkonzept für den ersten Großversuch GV1 wurde fertig gestellt; die Sensoren und Messkomplexe wurden beschafft und in den Labors der beteiligten Institute vorbereitet und kalibriert. Ergänzend wurden die Voraussetzungen geschaffen, beim GV1 auch das TDR-Feuchte-Messverfahren aus dem Vorhaben 02C1064 zu erproben. Mit dem Einbau der Messsysteme in den GV1 wurde begonnen
- AP4: Die Untersuchungen zur Kontaktzone und des unmittelbar daran anschließenden Gebirges im Bereich der Einbauorte der Großversuche wurden fortgesetzt. Für die Behandlung der frisch freigelegten Carnallitoberflächen wurden Verfahren entwickelt (z. B. Trockenstrahlverfahren), die die Neuverwitterung dieser Flächen bis zum Einbau der Dammelemente deutlich reduzieren. Die Verfahren und Materialien zur nachträglichen Vergütung der Kontaktzone wurden vervollkommen
- AP5: Die Untersuchungen in speziellen Großbohrlöchern und unter geophysikalischer Kontrolle mit Materialien auf Gel-Basis mit Depotkomponente wurden fortgesetzt. Neue Erkenntnisse konnten im Zusammenhang mit der geoelektrischen Überwachung der Infiltration von Lösungen in das umgebende Gebirge gewonnen werden (Hochauflösende 3D-Geoelektrik)
- AP6: Die numerischen geomechanischen Modellberechnungen wurden für die konkreten Daten des GV1 präzisiert und auf die Großversuche GV2 und GV3 ausgedehnt. Damit stehen diese Ergebnisse für die Steuerung des GV1 und für die Konzeptoptimierung von GV2 und GV3 zur Verfügung
- AP7: Der Aufbau des Dammkörpers für den GV1 steht unmittelbar vor dem Abschluss. Die Probleme bei der MgO-Betonherstellung in situ konnten gelöst werden. Dabei ergaben sich vollständig neuartige technologische Verfahrensweisen. Die Grundlagen für eine neu entwickelte Technologie der Errichtung des Dammkörpers für den GV2 (MgO-Beton in Spritztechnologie) wurden erarbeitet und erprobt
- AP8: Zum Vorbauelement wurden großmaßstäbliche In-situ-Untersuchungen durchgeführt

4. Geplante Weiterarbeiten

Nach Abschluss der Errichtung des Dammelementes für den GV1 beginnen unmittelbar die Arbeiten an der Errichtung der Dammelemente für den GV2 und die Vorbereitungen zum GV3 (in Kooperation mit dem Vorhaben 02C124). Parallel dazu werden die In-situ-Untersuchungen zur Bestimmung der integralen Permeabilität im Gebirgsmassiv fortgesetzt. In Kooperation mit dem Vorhaben 02C1064 beginnen die in situ Versuche zur Feuchtigkeitsentwicklung an einem kleineren Zusatzmodell (MgO-Körper). Die laufenden Untersuchungen zum geochemischen Vorbauelement werden weitergeführt und Materialproben aus den Umwandlungszonen werden entnommen. Parallel zu den Großversuchen werden die Berechnungsmodelle für die rechnerische Begleitung der Großversuche vervollständigt und die rechnerische Auswertung der messtechnischen Überwachung der Großversuche wird durchgeführt. Die Vorversuche zur Absicherung der neuen Technologie für die Errichtung des Dammkörpers des GV3 werden fortgesetzt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Bzgl. der Schutzrechtssituation wurde 1 Patent erteilt und 2 weitere Patentanmeldungen wurden getätigt. Über den Berichtsband zum Workshop aus Anlass des Erreichens des 2. Meilensteins hinaus wurden 10 schriftliche Publikationen erarbeitet und zahlreiche Fachvorträge erarbeitet und vorgetragen.

Zuwendungsempfänger: Kali-Umwelttechnik GmbH vorm. Kaliforschungsinstitut, Am Petersenschacht 7, 99706 Sondershausen		Förderkennzeichen: 02 C 1214
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Weiterentwicklung von Magnesiabindern von der Strömungsbarriere hin zu einem Verschlusselement im Salinar - Hauptprojekt		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2005 bis 31.07.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 494.772,00 EUR	Projektleiter: Krauke	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Weiterentwicklung eines Barriersystems zu einem leistungsfähigen Verschlusselement im Salinar mit folgenden Zielsetzungen:

- Begrenzung des Kompaktionsvermögens des Baustoffs
- Verringerung der Permeabilität
- Untersuchungen zum Quellverhalten und einer gezielten Beeinflussung
- Untersuchungen zur Reduzierung der Abbinde temperatur
- Untersuchungen zu Druckfestigkeitsverlusten im In-situ-Versuch

Das Vorhaben wird auf der Basis der Zusammenarbeit durch folgende Institutionen bearbeitet:

- Kali-Umwelttechnik GmbH Sondershausen
- Bauhausuniversität Weimar
- Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das FuE-Projekt ist in 7 Arbeitsschritte gegliedert, die durch die Verbundpartner eigenständig zu bearbeiten sind:

AP1: Weiterentwicklung des lastabtragenden Systems	K-UTEC
AP2: Untersuchungen zur Beeinflussung des Quellverhaltens	K-UTEC
AP3: Modellhafte Untersuchungen	Bauhaus-Uni
AP4: Strukturuntersuchungen	Bauhaus-Uni
AP5: Untersuchungen der mechanischen Anforderungen und Eigenschaften eines Dichteelements	IfG Leipzig
AP6: Erprobung optimierter Systeme in einer kleintechnischen Versuchsanlage	K-UTEC
AP7: Versuchsauswertung, Abschlussbericht	alle Verbundpartner

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die im Dezember 2006 mit den Dammbaumörteln DBM2 und DBM3 befüllten kleintechnischen Versuchsanlagen im 2 Kubikmeter-Maßstab wurden planmäßig mit $MgCl_2$ -Lösung (S30-Lösung) befüllt und nach einer Aufsättigungsphase von 14 Tagen (Volumenkonstanz) druckbeaufschlagt. Die Messwerterfassung erfolgte kontinuierlich. Im Ergebnis der über 6-monatigen Laufzeit der Versuche kann festgestellt werden, dass der nach der thermischen Reaktion (Abbindereaktion) erwartete dauerhafte Einspannungszustand durch Quellen erreicht wurde.

Da der Druckverlauf für den DBM3 noch nicht in eine stationäre Phase übergegangen ist, wurde entschieden, den Versuch noch bis Ende Juli 2007 laufen zu lassen. Der kleintechnische Versuch mit DMB2 wurde beendet, die Versuchseinrichtung geöffnet, Kernbohrungen längs und quer zur Achse durchgeführt. Die Probekörper werden gegenwärtig im geomechanischen Labor in Leipzig untersucht.

Die visuelle Einschätzung der Eindringtiefe der Lösung in den Baukörper durch Lösungsdruckbeaufschlagung über einen Zeitraum von 5 Monaten ergab einen gleichmäßigen Saum von etwa 5 mm Tiefe. Damit dürften auch die Permeabilitätszielstellungen (10^{-18} m/s) erreicht worden sein.

4. Geplante Weiterarbeiten

Ende Juli 2007 wird der kleintechnische Versuch mit DBM 3 beendet, die notwendigen Kernbohrungen werden durchgeführt und die noch ausstehenden Kennwerte ermittelt.

Alle Partner arbeiten an der Erstellung der Datenbasis für die Endauswertung.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Bauhaus-Universität Weimar, Geschwister-Scholl-Str. 8, 99423 Weimar		Förderkennzeichen: 02 C 1224
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Weiterentwicklung von Magnesiabindern von der Strömungsbarriere hin zu einem Verschlusselement im Salinar. Teilprojekt Bauhaus-Uni: Experimentelle Untersuchungen zur Struktur, dem Anbindeverhalten, der Kompressibilität und den volumetrischen Eigenschaften		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2005 bis 31.07.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 159.788,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Schanz	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben wird auf der Basis der Zusammenarbeit (siehe FKZ 02C1214) durch folgende Institutionen bearbeitet:

- Kali-Umwelttechnik GmbH, Sondershausen
- Bauhaus-Universität Weimar
- Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig

Die folgenden Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf die Arbeitspakete 3 und 4.

Im Rahmen der Materialoptimierung der von der K-UTECH hergestellten Magnesiabinder bildet die Untersuchung der Materialeigenschaften (AP3) im Zusammenhang mit der Untersuchung der damit verbundenen Strukturen bzw. deren Änderungen (AP4) einen entscheidenden Beitrag zum Verständnis des komplexen konstitutiven Verhaltens (THMC-Kopplung).

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Meilenstein 3: Modellhafte Untersuchungen.

1. Entwicklung des Versuchskonzeptes
2. Modellhafte Untersuchungen zur Volumendehnung unter Berücksichtigung der thermischen Dehnung durch exotherme Abbindereaktionen und zeitlich versetzter Quellung (Schwellung)
3. Bestimmung des Quelldruckes
4. Porositäts- und Permeabilitätsuntersuchungen (Gas- und Lösungspermeabilität)

Meilenstein 4: Strukturuntersuchungen.

1. REM- und Mikrosondenuntersuchungen an den Ausgangsstoffen, insbesondere MgO (Gitterparameter)
2. SEM- und Mikrosondenuntersuchungen zur Aufklärung der Volumendehnung
3. Untersuchungen zum Phänomen der Nachquellung bei Lösungszutritt

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Zeitraum 01/2007 bis 06/2007 sind die Untersuchungen an der Standardrezeptur (DBM1) und der zweiten Rezeptur (DBM2) weiter fortgeschritten. Daneben haben die Versuche, mit den gleichen Randbedingungen wie bei DBM1 und DBM2, an einer neuen Rezeptur (DBM3) begonnen.

Die zur Bestimmung der Quelldruckverläufe geführten Versuche (20 °C, 40 °C und 60 °C) sind für DBM1 abgeschlossen, für DBM2 und DBM3 läuft gerade der letzte Versuch bei 40 °C.

Die Ermittlung des Quellpotentials in dreidimensionaler Richtung ist für DBM1 und DBM2 beendet worden, für DBM3 wird die Versuchsreihe demnächst gestartet.

Ebenfalls hat die Bestimmung des Quellpotentials bei behinderter Seitendehnung für DBM1, DBM2 sowie DBM3 begonnen und sie wird weiter fortgeführt.

Die geforderten Saugspannungsermittlungen sind für DBM1 und DBM2 abgeschlossen worden, für DBM3 werden sie in Kürze erfolgen.

Beendet wurden die Einaxialen Druckversuche bei unterschiedlichen Randbedingungen (Variation der Lagerungstemperatur und -zeit) für DBM1 und DBM2. Für die Rezeptur DBM3 wurden alle Probekörper hergestellt und an diesen werden, nach Ablauf der Lagerungszeit, die Einaxialen Druckversuche durchgeführt.

Die Ermittlung der Porenverteilung mit Hilfe der Methode der Quecksilberporosometrie ist bei den unterschiedlichen Lagerungsbedingungen für DBM1, DBM2 und DBM3 abgeschlossen worden.

Die Versuchsreihe zur Bestimmung der Gaspermeabilität wurde für DBM1, DBM2 und DBM3 begonnen.

Für die Quelldruckversuche in den „Isochoric Cells“ wurden Probekörper der drei verschiedenen Rezepturen hergestellt und die Versuche werden demnächst erfolgen.

Des Weiteren sind Probekörper für die Kompressionsversuche hergestellt worden, so dass auch diese Versuche durchgeführt werden können.

4. Geplante Weiterarbeiten

Es ist geplant die Versuche für alle drei Rezepturen, DBM1, DBM2 und DBM3 in der verbleibenden Projektlaufzeit abzuschließen.

Im Rahmen der Weiterentwicklung der Magnesiabinder werden daneben prinzipiell folgende weitere Untersuchungen zur konstitutiven Beschreibung der optimierten Rezeptur durchgeführt:

- (1) Aufsättigungs- und Trocknungsverhalten mit Lauge
- (2) Kompressibilität unter Berücksichtigung der Beanspruchung mit Lauge (Einfluss der Belastungsrichtung)
- (3) Zuarbeit zu den Technikumsversuchen & Auswertung der Feuchtemessungen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: IfG Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Friederikenstr. 60, 04279 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 C 1234
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Weiterentwicklung von Magnesiabindern von der Strömungsbarriere hin zu einem Verschlusselement im Salinar. Teilprojekt IfG: Untersuchungen der mechanischen Anforderungen und Eigenschaften		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2005 bis 31.07.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 183.188,00 EUR	Projektleiter: Dr. Salzer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Weiterentwicklung eines Barriersystems zu einem leistungsfähigen Verschlusselement im Salinar mit folgenden Zielsetzungen:

- Begrenzung des Kompaktionsvermögens des Baustoffs
- Verringerung der Permeabilität
- Untersuchungen zum Quellverhalten und einer gezielten Beeinflussung
- Untersuchungen zur Reduzierung der Abbinde temperatur
- Untersuchungen zu Druckfestigkeitsverlusten im In-situ-Versuch

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das FuE-Projekt ist in 7 Arbeitspakete gegliedert, die durch die Vertragspartner eigenständig zu bearbeiten sind:

- AP1: Weiterentwicklung des lastabtragenden Systems (K-U TEC)
- AP2: Untersuchungen zur Beeinflussung des Quellverhaltens (K-U TEC)
- AP3: Modellhafte Untersuchungen (Bauhausuniversität)
- AP4: Strukturuntersuchungen (Bauhausuniversität)
- AP5: *Untersuchungen der mechanischen Anforderungen und Eigenschaften eines Dichtele-
ments (IfG)*
- AP6: Erprobung optimierter Systeme in einer kleintechnischen Versuchseinrichtung (K-U TEC)
- AP7: *Versuchsauswertung, Abschlussbericht (alle Verbundpartner)*

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Ausgehend von der Rezeptur 29.6 (Barrierensystem Asse) wurde vom Verbundpartner K-UTEC eine Weiterentwicklung des Barrierenbaustoffs vorgenommen. Dabei wurden im Ergebnis von Voruntersuchungen zum Steifigkeitsverhalten (erstes Halbjahr 2006) 2 Chargen (DBM2, modifizierte Standardrezeptur und DBM3, Rezeptur mit Steinsalz) für die Herstellung von Technikumsbauwerken ausgewählt. An Rückstellproben aus dem Betonierprozess der Technikumsbauwerke wurden im 1. und 2. Quartal des Jahres 2007 Laboruntersuchungen zur Ermittlung der physikalischen Eigenschaften, der Steifigkeit und der Festigkeit des kompakten Sorelbetons durchgeführt.

Im Ergebnis der Untersuchungen wurden für den kompakten Sorelbeton Zugfestigkeiten von 2 bis 3 MPa und einaxiale Druckfestigkeiten von 57 MPa (DBM2) bzw. 30 MPa (DBM3) ermittelt. Die Elastizitätsmodule betragen 20,6 MPa (DBM2) bzw. 12,6 MPa (DBM3) und die Porositäten betragen 23,6 % (DBM2) bzw. 27,9 % (DBM3).

In Auswertung der hydrostatischen Triaxial- und Kriechversuche wurden für den DBM2 Ersatzkompaktionsmodule von 1,2 GPa (hydrostatisches Spannungsniveau 1 bis 2 MPa) bzw. 1,6 GPa (hydrostatisches Spannungsniveau 5 MPa) ermittelt. Die Steifigkeit des Sorelbetons DBM2 ist deutlich höher als die der Ausgangsrezeptur 29.6 (Barrierensystem Asse) und liegt im 2006 abgeleiteten Zielbereich von 1 bis 2 GPa.

Die Steifigkeit des Sorelbetons aus den Rückstellproben des Technikumsbauwerkes aus DBM3 ist geringer als der oben definierte Zielbereich. Für eine abschließende Bewertung werden die noch ausstehenden Untersuchungen zum Steifigkeitsverhalten an Bohrkernen aus den Technikumsversuchen abgewartet.

4. Geplante Weiterarbeiten

Im Juli 2007 sind Laboruntersuchungen zur Ermittlung der physikalischen Eigenschaften, der Steifigkeit und der Festigkeit des kompakten Sorelbetons an Bohrkernen aus den Technikumsbauwerken geplant.

Weiterhin erfolgt die Berichtserstellung.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln	Förderkennzeichen: 02 C 1244
Vorhabensbezeichnung: Prognose der Redoxeigenschaften natürlicher wässriger 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: 01.04.2005 bis 31.03.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtkosten des Vorhabens: 748.135,00 EUR	Projektleiter: Dr. Hagemann

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die sichere Prognose der Redoxeigenschaften ist eine wesentliche Voraussetzung zur Vor-ausberechnung der im Falle eines hydrologischen Störfalles zu erwartenden Schwermetall- und Radionuklidkonzentrationen im Nah- und Fernfeld einer untertägigen Entsorgungseinrichtung. Ziel des Vorhabens ist es Methoden zu entwickeln, mit denen sich die Redoxeigenschaften insbesondere salinärer Lösungen verlässlich messen und auch voraussagen lassen. Hierzu werden zum einen analytische Methoden entwickelt, zum andern aufbauend auf experimentellen Untersuchungen ein Modell zur Voraussage der Speziation von Eisen in salinaren Lösungen und zur Löslichkeit eisenhaltiger Festphasen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Entwicklung eines verlässlichen Messverfahrens zur Bestimmung des Redoxpotentials salinärer Lösungen
- Entwicklung eines Verfahrens zur Messung von Wasserstoffkonzentrationen in salinaren Mischlösungen
- Verfahrensvalidierung
- Bestimmung der Speziation von Eisen(II) und Eisen(III) in salinaren Lösungen
- Untersuchung der thermodynamische Stabilität eisenhaltiger Minerale

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Berichtszeitraum wurde bei der Bestimmung des Zusammenhanges zwischen „scheinbarem pH-Wert“ und der tatsächlichen Wasserstoffionenkonzentration ein Vergleich verschiedener pH-Elektroden vorgenommen. Der Vergleich erfolgte mit drei sich im Aufbau stark unterscheidenden pH-Einstabelektroden (Schliffdiaphragma ↔ Keramikstiftdiaphragma; Ag/AgCl,Cl⁻- Elektrode ↔ Pt/I₂, I⁻-Elektrode (ROSS-Elektrode)) anhand jeweils fünf- bzw. dreimaliger Wiederholung der Messreihen für NaCl. Mittels eines selbst geschriebenen Programms (Don Reqrator) wurde aus den Molalitäten und den dazugehörigen Delta pH-Werten sowie den berechneten Unsicherheiten (2s) für die Molalität und Delta pH aller Wiederholungen die beste Regressionsfunktion eines Typs bestimmt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Regressionsfunktion für die Messung mit der Keramikstifelektrode ebenso wie für die Messungen mit der ROSS-Elektrode jeweils im Unsicherheitsbereich der Bestimmungen mit der Schliffelektrode liegen. Somit unterscheiden sich die für die verwendeten pH-Elektroden ermittelten Regressionsfunktionen nicht signifikant voneinander. Aufgrund der unproblematischen Handhabung, des schnellen Ansprechverhaltens und des stabilen Messsignals wurden die nachfolgenden Messungen mit der ROSS-Elektrode durchgeführt.

Zur Bestimmung der Abhängigkeit der Messspannung von der Hintergrundsalzkonzentration in sulfatischen Systemen wurden bereits erste Messungen durchgeführt. Die Messungen werden im sauren pH-Bereich ausgeführt und die sich jeweils einstellende Hydrogensulfatkonzentration mittels geochemischer Modellierung berechnet.

Die UV-spektroskopischen Messungen an eisen(III)haltigen Lösungen der Salze NaCl, KCl, MgCl₂ und CaCl₂ wurden abgeschlossen. Gegenüber den bisher vorliegenden Daten ergaben sich keine qualitativen Änderungen. Die quantitative Auswertung erfolgt im kommenden Berichtszeitraum nach Vorliegen aller Messreihen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Bestimmung der Hydroxokomplexbildung mittels UV-Spektroskopie von Fe(III) in salinaren Lösungen im pH-Bereich 1 bis 13.

Abschluss der Untersuchung der Abhängigkeit der Messspannung von pH-Einstabelektroden von der Hintergrundsalzkonzentration: sulfathaltige Lösungen und Mischlösungen mehrerer Salze. Modellerstellung zur Bestimmung der Wasserstoffkonzentrationen in komplexen salinaren Systemen basierend auf Messungen mit handelsüblichen pH-Einstab-Messketten.

Entwicklung eines Verfahrens zur Messung von Fe(II)- und Fe(III)-Konzentrationen im Subnanomolar-Bereich mit der Kapillar-UV-Spektrometrie.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 1254
Vorhabensbezeichnung: Geochemische Barriereeffizienz im anaeroben Deponienahfeld einer UTD		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2005 bis 31.03.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 664.920,00 EUR	Projektleiter: Dr. Brassler	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen der Stilllegung einer Untertagedeponie müssen Maßnahmen durchgeführt werden, die einen sicheren Abschluss der abgelagerten Abfälle vom Biozyklus gewährleisten. Unterschiedliche Barriersysteme können aufgrund ihrer hydraulisch-chemischen Eigenschaften wesentliche Beiträge zur Schadstoffrückhaltung leisten. Laboruntersuchungen sollen den Einfluss der Umgebungsbedingung (anaerob/aerob) auf die Oxidationsspeziationen redoxsensitiver Elemente bestimmen. Dazu ist vorgesehen, die geochemischen Gleichgewichte zu identifizieren, welche die Konzentrationen der Schwermetalle unter anaeroben Bedingungen bestimmen, und welche redoxpuffernden Zuschlagstoffe zur Fixierung von Schwermetallen beitragen können. So soll der Schwermetallgehalt von eluierten Abfallproben (anaerob) identifizierten redoxsensitiven Phasen zugeordnet werden. Untersuchungen, welche die Reaktionsmechanismen von Schwermetallen unter anaeroben UTD-Bedingungen aufklären können, stellen eine wesentliche Grundlage zur Beurteilung der Mobilität von schädlichen Abfallinhaltsstoffen dar, aus denen sich technische Maßnahmen zur Verbesserung der Langzeitsicherheit untertägiger Deponiesysteme ableiten lassen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Übersichts-Screening

AP2: Detailuntersuchungen ausgewählter Systeme mit Analyse von Reaktionsmechanismen

AP3: Ableitung redoxpuffernder Zuschlagstoffe

AP4: Begleitende geochemische Modellierung

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP2: Detailuntersuchungen ausgewählter Systeme mit Analyse von Reaktionsmechanismen

- Auswertung der Screening-Analysen (AP1) und Festlegung von sechs unterschiedlichen Abfällen auf Basis der im Übersichts-Screening erzielten Resultate; als synthetisches System wird zunächst ein Quarzsand verwendet, der mit relevanten Schwermetallen dotiert wird
- Zusammenstellung von Probenaufbereitungsmethoden für die Detailuntersuchungen mittels Laserablation-ICP-Massenspektroskopie (LA-ICP-MS)
- Erarbeitung eines Bearbeitungsschemas für die Detailuntersuchungen der ausgewählten Abfälle incl. Konzepterstellung für die Durchführung von Batchversuchen sowie Verfahrenauswahl und Beschreibung für die speziesanalytische Bestimmung redoxsensitiver Elemente in Eluaten
- Abschluss der Unterauftragsvergabe im Rahmen dieses Vorhabens (in Kombination mit dem Vorhaben Redoxprognose) an die TU-Braunschweig

AP3: Ableitung redoxpuffernder Zuschlagstoffe

- Literaturrecherchen zur Immobilisierung von Schwermetallen

4. Geplante Weiterarbeiten

AP2:

- Recherche zu speziesanalytischen Verfahren für redoxsensitive Elemente (As, Cr, Fe, S, Sb, Cu, C, Hg, Sn) in Lösungen
- Batchversuche mit natürlichen und synthetischen Abfällen bis zu 30d Dauer und unter Verwendung unterschiedlicher Kornfraktionen sowie der Originalabfälle
- Laserablationsanalytik an Originalabfällen und unterschiedlichen Kornfraktionen
- Speziesanalytische Bestimmung redoxsensitiver Elemente in Eluaten
- Oxidationszustände ausgewählter redoxsensitiver Elemente
- Bindungsform von Schwermetallen in bestimmten Abfallphasen
- Analyse von Reaktionsmechanismen

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: IfG Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Friederikenstr. 60, 04279 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 C 1264
Vorhabensbezeichnung: Beweissicherungsprogramm zum geomechanischen Verhalten von Salinarbarrieren nach starker dynamischer Beanspruchung und Entwicklung einer Dimensionierungsrichtlinie zum dauerhaften Einschluss		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2005 bis 30.06.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 627.883,00 EUR	Projektleiter: Dr. Minkley	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit Auffahrung einer Wetterstrecke über dem Gebirgsschlagfeld von 1996 in der Grube Teutschenthal sind die Voraussetzungen für Untersuchungen der Schädigungsauswirkungen in der das Bruchfeld umgebenden hangenden Salinarbarriere gegeben. Neben den experimentellen In-situ- und Laboruntersuchungen sind Arbeiten zur Vervollständigung der Schädigungsmechanik und gebirgsmechanische Berechnungen zur Dimensionierung von Salinarbarrieren vorgesehen. Im Ergebnis des Beweissicherungsprogramms lässt sich eine Sicherheit gegenüber einem Integritäts- und Dichtheitsverlust von Salinarbarrieren ausweisen, die letztendlich auf Versuchen im Maßstab 1:1 unter extremen dynamischen Beanspruchungen basiert, die um ein Vielfaches höher sind als quasi statische Beanspruchungen. Die Forschungsergebnisse sollen zu einer Dimensionierungsrichtlinie für Salinarbarrieren zur Gewährleistung eines dauerhaften, dichten Einschlusses unter den anthropogenen und geogenen Randbedingungen in der flachen und steilen Lagerung führen und somit für eine praktische Umsetzung zur Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen zur Verfügung stehen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Vervollständigung der Schädigungsmechanik
- AP2: In-situ-Untersuchungen zu den Schädigungsauswirkungen in der Salinarbarriere nach starker dynamischer Beanspruchung
- AP3: Laboruntersuchungen zu den Schädigungsauswirkungen an gewonnenen Bohrkernproben aus der dynamisch beanspruchten Salinarbarriere
- AP4: Geomechanische Berechnungen zur Dimensionierung von Salinarbarrieren für ein Endlager in der flachen und steilen Lagerung
- AP5: Entwicklung einer Dimensionierungsrichtlinie für die erforderliche Mächtigkeit von Salinarbarrieren zur Erlangung des dauerhaften Einschlusses
- AP6: Erarbeitung des Abschlussberichtes und Dokumentation der Ergebnisse.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Es wurden weitere Testrechnungen mit der nicht-lokalen Version des visko-elasto-plastischen Stoffmodells unter Verwendung einer linearen und einer nicht linearen Fließgrenze durchgeführt. Bei feiner Vernetzung sind die Berechnungsergebnisse bezüglich der Breite der Scherbänder netzunabhängig.

AP2: Insgesamt sind in der Wetterstrecke über dem nördlichen Teil des Bruchfeldes von 1996 entlang eines Profils von 1800 m 19 Horizontalbohrungen im Leine-Steinsalz mit einer Bohrlochteufe von 15 m hergestellt worden. In den Bohrungen wurden bisher jeweils 4 Frac-Messungen, d. h. insgesamt 76 Frac-Messungen durchgeführt. In 5 Bohrungen wurden im Bohrlochtiefsten Permeabilitätstests vorgenommen. Aus den Spannungssondierungen lässt sich ableiten, dass über dem Bruchfeld die minimale Hauptspannung unter den lithostatischen Teufendruck abgesunken ist und im Abbauvorfeld eine höhere Einspannung vorliegt.

Die bisher durchgeführten Permeabilitätstests liefern keine Hinweise auf eine Schädigung der Salinarbarriere.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1: Weiterentwicklung der nicht-lokalen Version des visko-elasto-plastische Stoffmodells für ebene Modellgeometrien mit beliebigen Hohlräumen.

AP2: Durchführung der noch ausstehenden Permeabilitätsmessungen in 14 Bohrungen.

AP3: Gewinnung von Bohrkernproben aus der dynamisch beanspruchten Salinarbarriere.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Clausthal, Adolph-Römer-Str. 2 a, 38678 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 C 1275
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Kopplung Numerischer Modelle für C:HM – Transportprozesse. Teilprojekt TUC: Gekoppelte Modellierung des C:HM Verhaltens von selbstverheilendem Salzversatz		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2005 bis 31.03.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 257.176,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Lux	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Dieses Verbundprojekt verfolgt das Ziel, Programme für das HM-Verhalten von Salz und Bentonit (*FLAC3D* und *GeoSys/RockFlow*) mit geochemischen Modellberechnungen (*CHEMAPP* über EQLink) zu koppeln und Ergebnisse von gekoppelten Berechnungen anhand geeigneter Laborversuche an Vollprüfkörpern und an axialgelochten Großbohrkernen zu testen. Das Forschungsprojekt ist ein gemeinsames Vorhaben der GRS sowie der Universitäten Clausthal und Tübingen. Als Endergebnis des Teilprojektes wird ein numerisches Modell zur Untersuchung von Abschlussbauwerken mit SVV als Dichtelement mit Berücksichtigung der C:HM-Kopplung sowie der Wechselwirkungen zwischen Auflockerungszonen und Abschlussbauwerken zur Verfügung stehen. Ferner wird durch die enge Zusammenarbeit in einer gemeinsamen Programmentwicklung eine langfristige wissenschaftliche Kooperation angestrebt. Die numerischen Algorithmen für die Modellierung mechanischer Prozesse in tonigen und salinaren Medien sind methodisch sehr ähnlich. Daher ist ein weiteres Ziel dieses Teilprojektes eine Vereinheitlichung der Methoden zur Simulation inelastischer Deformationsprozesse in chemisch reaktiven Systemen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Kurzzeitversuche an ausgehärteten SVV Vollprüfkörpern
- AP2: Kompressionsversuche unter isostatischen Dauerbelastungen und bei unterschiedlichen Temperaturen ($T = 25^\circ$ und 80°C)
- AP3: Kriechversuche bei einem konstanten Manteldruck von $\sigma_3 = 5\text{ MPa}$ und bei unterschiedlichen Temperaturen ($T = 25^\circ$ und 80°C)
- AP4: Entwicklung eines neuen Stoffmodells für SVV zur Beschreibung des langfristigen Kompaktions- und Kriechverhaltens des SVV nach dem Aushärtungsprozess
- AP5: Modellentwicklung zur Beschreibung der Änderung von Porositäten und Permeabilitäten infolge mechanischer Kompaktion
- AP6: Implementierung des zu entwickelnden Stoffmodells für SVV ins FEM-Programm *FLAC3D*
- AP7: Implementierung der zu entwickelnden Porositäts-Permeabilitäts-Beziehung für SVV ins FEM-Programm *FLAC*

- AP8: Implementierung der Schnittstelle zwischen *FLAC3D* und *CHEMAPP* über *EQLink* und Anpassung numerischer Verfahren für C:HM-Modelle
 AP9: Überprüfung numerischer Modelle anhand von Versuchsergebnissen der GRS an Vollprüfkörpern und gelochten Großbohrkernen
 AP10: Modellierung des von der GRS in ASS durchzuführenden SVV-In-Situ-Versuchs
 AP11: Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im ersten Halbjahr 2007 wurden über 30 Prüfkörper aus SVV in Clausthal hergestellt, wobei die Herstellungsprozedur sukzessiv verbessert wurde. An 23 dieser Prüfkörper und 10 Prüfkörpern von GRS wurden Festigkeitsversuche mit variierendem Manteldruck von 1 bis 13 MPa durchgeführt.

Bei der Lagerung der Prüfkörper hat sich gezeigt, dass eine weitere, inhomogene Volumenausdehnung um bis zu 3 mm in der Länge und 1 - 2 mm im Durchmesser stattfindet. Da die Proben luft- und wasserdicht gelagert wurden, lässt dies nur den Schluss zu, dass der Aushärtungsprozess nach 31 Tagen noch nicht abgeschlossen ist.

4. Geplante Weiterarbeiten

Im zweiten Halbjahr 2007 werden weitere Prüfkörper aus SVV mit NaCl-Lösung in Clausthal hergestellt und der Herstellungsprozess weiter optimiert werden, vor allem im Hinblick auf die Aushärtungsdauer.

Aus den durchgeführten Kurzzeitversuchen und falls notwendig noch weiteren Kurzzeitversuchen werden die festigkeitsmechanischen Materialparameter und ihr Streubreitenband ermittelt. Anschließend werden die AP1 bis AP3, wie vorgesehen, ergebnisorientiert weiter abgearbeitet:

- AP1: Kurzzeitversuche an ausgehärteten SVV-Vollprüfkörpern
- AP2: Kompressionsversuche unter isostatischen Dauerbelastungen
- AP3: Kriechversuche bei einem konstanten Manteldruck

Zusätzlich zu dem im Projektantrag vorgesehenen Programm wird an den ausgehärteten SVV Prüfkörpern exemplarisch die Porosität und die Permeabilität gemessen werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 1285
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Kopplung Numerischer Modelle für C:HM – Transportprozesse. Teilprojekt GRS: Laborversuche und Geochemische Modellierung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2005 bis 30.04.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 508.179,00 EUR	Projektleiter: Dr. Moog	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die aktuell in der Entwicklung befindlichen Programme für die Modellierung hydraulischer und mechanischer Prozesse in Salz-/Bentonit-Barrieren MISES III (TUC) und GeoSys/RockFlow (ZAG) sollen mit thermodynamischen Gleichgewichtsrechnungen gekoppelt und anhand geeigneter experimenteller Untersuchungen getestet werden (C:HM-Modellierung).

Dieses Teilprojekt:

- Gewinnung von Messdaten für die Überprüfung von Modellergebnissen der Programme MISES III und ROCKFLOW
- Anpassen der Schnittstelle EQLINK an die Erfordernisse von MISES III und ROCKFLOW

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Salz

- AP1.1: Stahlrohr: SVV+Q-Lauge/NaCl-Lösung
- AP1.2: Bohrkern: SVV+Q-Lauge
- AP1.3: Probenherstellung für TUC

AP2: Bentonit

- AP2.1: Einfluss der Ionenstärke
- AP2.2: Einfluss des pHs
- AP2.3: Einfluss des Ionenaustausches $\text{Na} \leftrightarrow \text{Ca}$
- AP2.4: Einfluss von Ausfällungen im Porenraum

AP3: EQLINK

- AP3.1: Anpassung an MISES III und ROCKFLOW
- AP3.2: Modellierung des Ionenaustausches
- AP3.3: Auswertung von Rechenläufen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Fortführung von AP 1.2, 1.3, 2.1, 2.3.

Vorbereitungen für den Bohrkernversuch (AP 1.3).

Neuansatz von AP 2.4: eine Probe Montmorillonit (Greifswalder Charge) wurde mit Ca belegt. Es wurde begonnen diese mit CaCl_2 -Lösung zu durchströmen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Fortführung von AP 1.2, 1.3, 2.1, 2.3.

Durchführung Bohrkernversuch (AP 1.3).

AP 3.1: Abgestimmte Änderungen an ROCKFLOW (ZAG) und EQLINK(GRS), die eine Entflechtung, Beschleunigung und Flexibilisierung der bestehenden Kopplung zum Ziel haben.

AP 3.2: Fortsetzung der Arbeiten zur Einbindung von Ionenaustausch-Reaktionen in Rechnungen mit CHEMAPP.

AP 3.3: Weitere Durchführung von Testrechnungen, u. a. bezgl. der Einbindung von Zerfallsketten von Radionukliden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Wilhelmstr. 7, 72074 Tübingen		Förderkennzeichen: 02 C 1295
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Kopplung Numerischer Modelle für C:HM – Transportprozesse. Teilprojekt Uni Tübingen: Validierung Numerischer Modelle für geochemische Prozesse in geotechnischen Dichteelementen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2005 bis 30.04.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 233.598,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Kolditz	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Verbundvorhabens ist es, aktuell in der Entwicklung befindliche Programme für die Modellierung hydraulischer und mechanischer Prozesse in Salz-/Bentonit-Barrieren MISES III (TUC) und GeoSys/ RockFlow (ZAG) mit thermodynamischen Gleichgewichtsrechnungen zu koppeln und anhand geeigneter experimenteller Untersuchungen zu testen (C:HM-Modellierung).

Dieses Teilprojekt wird sich schwerpunktmäßig mit geochemischen Reaktionen in tonartigen Materialien sowohl in kristallinen als auch im salinaren Wirtsgestein beschäftigen. Insbesondere geht es um die Einwirkung chemischer Prozesse auf hydro-mechanische Phänomene, wie z. B. Alterationen des Porenraums und damit einhergehende Veränderungen hydraulischer Eigenschaften. Die Kopplung chemischer mit hydro-mechanischen Prozessen soll durch die programmtechnische Verknüpfung der Codes EQLink/ChemApp und GeoSys/RockFlow (GS/RF) erfolgen. Durch die Entwicklung dieser Programmschnittstellen kann zum Einen die Expertise beider Gruppen auf den Gebieten Geochemie (Braunschweig) und Hydromechanik (Tübingen) zusammengeführt werden. Ferner wird durch die enge Zusammenarbeit in einer gemeinsamen Programmentwicklung eine langfristige wissenschaftliche Kooperation angepeilt. Die numerischen Algorithmen für die Modellierung mechanischer Prozesse in tonigen und salinaren sind methodisch sehr ähnlich, daher ist die zweite Zielstellung dieses Teilprojektes eine Vereinheitlichung der Methoden zur Simulation inelastischer, zeitabhängiger Deformationsprozesse in chemisch reaktiven Systemen (Zusammenarbeit mit TUC).

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Arbeitsprogramm besteht aus drei aufeinander aufbauenden Arbeitspaketen: Modellentwicklung (AP1), Softwareentwicklung (AP2), Modellanwendung auf experimentelle Daten der Projektpartner (Modellvalidierung) (AP3) sowie der abschließenden gemeinsamen Veröffentlichung der wichtigsten Projektergebnisse (AP4).

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Nachdem in den vorangegangenen Projektphasen die programm-technische Umsetzung der Schnittstelle GS/RF+ChemApp zwischen GeoSys/RockFlow und dem geochemischen Simulator ChemApp realisiert worden ist (AP2), sowie die Verifizierung des gekoppelten Codes anhand ausgewählter Testbeispiele vorgenommen wurde (AP3), ging es in dieser Projektphase vor allem um Anwendungsstudien reaktiver Transportmodellierungen in verschiedenen Gebieten, um die Variabilität des neuen Codes GS/RF+ChemApp zu erproben. So wurden geochemische Effekte beim Quellvorgang in hoch-

kompaktierten Bentonite untersucht und das Modell anhand eines Datensatzes der GRS validiert (Xie et al. 2007b). Zusammen mit den Projektpartnern der GRS wurde ein neues Modell für den reaktiven Transport in hoch-salinaren geochemischen Systemen entwickelt (Xie et al. 2007c). Mit der Kopplung zu ChemApp ist GS/RF nun in der Lage, reaktive Transportprozesse unter extremen PTC-Bedingungen (hohe Drücke, Temperaturen, Salinitäten) zu simulieren. Dennoch hat es sich gezeigt, dass auch weitere Vergleiche mit reaktiven Transportmodellen auf der Basis von PHREEQC-Schnittstellen notwendig sind (Beyer et al. 2007, McDermott et al. 2007), um z. B. die Rolle von Mehrphasenströmungsprozessen zu bewerten. Ferner wurde eine erste Version einer Schnittstelle zu dem geochemischen Simulator GEMS entwickelt. Es folgt die Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse:

- Bewertung geochemischer Effekte beim Quellvorgang in hochkompaktierten Bentoniten und Validierung des numerischen Modells anhand eines Datensatzes der GRS (Xie et al. 2007a, b),
- Verifizierung reaktiver Transportmodelle im Rahmen der DECOVALEX Initiative (int. Benchmarking-Projekt) (McDermott et al. 2007) und auf der Basis von PHREEQC-Schnittstellen (Benchmarking-Projekt im Rahmen des KORA-Vorhabens) (Beyer et al. 2007),
- Vergleich der Ergebnisse reaktiver Transportmodelle auf der Basis von Richards- und Zweiphasenströmungsmodellen (McDermott et al. 2007),
- Entwicklung eines reaktiven Transportmodells für Salinar-Bedingungen mit Magnesium-Sulfat als Verschlussmaterial (Xie et al. 2007c).

4. Geplante Weiterarbeiten

In der nächsten Projektphase sind folgende Arbeitsschritte geplant:

- Weitere Verifizierung/Validierung von GS/RF+ChemApp durch Testbeispiele aus dem internationalen DECOVALEX Vorhaben
- Weitere Anwendung von GS/RF+ChemApp für Fragestellungen im Salinar, insbesondere die Modellierung von Magnesium-Sulfat als Verschlussmaterial
- Mehrphaseneffekte: Durch die Kopplung mit dem Zweiphasenströmungsmodell können nun Mehrphaseneffekte bei geochemischen Reaktionen berücksichtigt werden
- Weitere Entwicklung von geochemischen Schnittstellen zu Vergleichszwecken. Zur Verbesserung der Effizienz und Genauigkeit geochemischer Simulationen wurde eine neue Doktorarbeit begonnen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Xie M, Wang W, de Jonge J and Kolditz O (2007a): Numerical modelling of swelling pressure in unsaturated expansive elasto-plastic porous media. *Transport in Porous Media*, vol 66 (3): 311-339, DOI 10.1007/s11242-006-0013-0.

Xie M, Moog H and Kolditz O (2007b): Geochemical effects on swelling pressure of highly compacted bentonite: Experiments and model analysis, In: *Springer Proceedings in Physics* (Schanz, ed), vol. 113: 93-100, Springer Publisher.

Xie M, Moog H, Wang W, Herbert H-J, Shao H and Kolditz O (2007c): Reactive transport modelling in salt material based on Gibbs energy minimization, In: *The Mechanical Behavior of Salt – Understanding of THMC Processes in Salt*, pp. 277-284, Taylor and Francis Publisher.

McDermott C I, Xie M, Wang W, Shao H and Kolditz O (2007): DECOVALEX Progress Report on THC1 Modeling, Technical Report, University of Tübingen and Helmholtz-Center for Environmental Research Leipzig.

Beyer C, McDermott C I, Bauer S and Kolditz O (2007): Reaktive Transportprozesse in ungesättigten porösen Medien - Modellvergleich zwischen Mod2Phase und GeoSys/RockFlow, Technical Report, University of Tübingen and Helmholtz-Center for Environmental Research Leipzig.

Zuwendungsempfänger: Universität Leipzig, Ritterstr. 26, 04109 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 C 1305
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Universelles integriertes geophysikalisches Mess- und Auswerteeinstrumentarium zur Charakterisierung von Problemzonen im Salinar. Teilprojekt Uni Leipzig: Geologie, Geoelektrik, Seismik und Szenarienmodellierung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2005 bis 31.05.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 579.486,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Ehrmann	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Für die Detektion und Charakterisierung von Problemzonen in der geologischen Barriere von Endlagern und Untertagedeponien liegt in Ansätzen ein komplexes Mess- und Auswerteeinstrumentarium vor, das in Ausgangsvorhaben (02C0558, 02C0568, 02C0578 und 02C0851, 02C0861, 02C0871) entwickelt wurde.

Das Ziel des aktuellen Vorhabens ist die Schaffung eines universellen integrierten geophysikalisches Mess- und Auswerteeinstrumentariums, das unter den allgemeinen Bedingungen der Entsorgung im Salinalgestein einsetzbar ist. Im Vorhaben werden geoelektrische und seismische Verfahren sowie spezielle Methoden der Salzgeologie - gekoppelt mit den in den Parallelvorhaben "-Elektromagnetik, Georadar und Quantitative Charakterisierung von Problemzonen (02C1315) und "-Sonarverfahren" (02C1325) bearbeiteten Verfahren - an verschiedenen Standorttypen in Verbindung mit Computermmodellierungen eingesetzt. Damit wird ein geophysikalischer Beitrag zur Erkennung, Bewertung und Behandlung von geologisch bedingten Problemen bei der untertägigen Entsorgung geleistet.

Die Ergebnisverwertung umfasst Patentrecherchen, Handlungsempfehlungen, marktfähige Dienstleistungsangebote und Lizenzvergabemodelle. Gegenstand des Vorhabens ist die Einbindung geoelektrischer und seismischer Verfahren in das Verbundvorhaben.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Identifizierung und Charakterisierung der Referenzstandorte
2. Messungen an den Referenzstandorten
3. Bestimmung physikalischer Gesteinsparameter im Labor und in situ
4. FEM-Modellierungen, Szenarienanalyse zur geophysikalischen Erkundung an verschiedenen Standorttypen und geophysikalischer Beitrag zur Problembehandlung
5. Weiterentwicklung des komplexen Mess- und Auswerteeinstrumentariums, Handlungsempfehlungen, Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im November 2006 waren auf einem 400 m langen Profil am gemeinsamen Referenzstandort in der neu aufgefahrene Verbindungsstrecke zwischen den Grubenfeldern Teutschenthal und Angersdorf über der westlichen Kante des Gebirgsschlagsfeldes von 1996 Messungen mit den Verfahren Seismik und Geoelektrik durchgeführt worden. Die Auswertung der geoelektrischen Daten hatte eine hochleitfähige, dünne Schicht an der Oberfläche der Stöße und der Sohle, gefolgt von einer Schicht extrem hoher Widerstände gezeigt.

Im Mai 2007 wurde ein Teil Messungen auf der Sohle wiederholt. Anhand dieser Messungen bestätigte sich die Existenz der hochleitfähigen Schicht. Die Schicht, die durch die Befeuchtung der Sohle bei Betonarbeiten in der Strecke entsteht, erschwert die Inversion der Daten und vermindert die Tiefenaussage der Methode. Zusätzliche Testmessungen an einem Kurzprofil am Stoss zeigten, dass diese sohlennahe Schicht die Stoss-Messungen weniger beeinflusst. Es sind daher Wiederholungsmessungen am Stoss vorgesehen.

Die erste Bearbeitung der seismischen Messungen hatte mehrere Reflektoren im Liegenden bis in eine Tiefe von 100 m gezeigt. Das weitere Processing der P-Wellen unter Verwendung eines optimierten Geschwindigkeitsansatzes zeigt nun auch deutlich die interne Struktur des Anhydrits. Darunter treten sehr deutlich relativ ungestörte horizontale Reflektoren auf, die der Unterkante des Anhydrits sowie dem Übergang Grauer Salzton/ Kaliflöz Staßfurt zugeordnet werden können. Über dem Gebirgsschlagfeld ist in etwa 85 m Tiefe eine sehr deutliche Reflexion zu sehen, die vermutlich vom Gebirgsschlagfeld selbst verursacht wird.

Im November 2006 ist weiterhin ein erster Machbarkeitstest kombinierter Übertage-/ Untertagemessungen durchgeführt worden. Derartige Messungen bieten prinzipiell die Möglichkeit einer „Durchströmung“ und damit einer tomographischen Rekonstruktion der Widerstandsverteilung des Deckgebirges. Bei diesem ersten Test wurden an der Erdoberfläche über der in 550 m Tiefe gelegenen Strecke Ströme in der Größenordnung bis 1,5 A eingespeist. Gleichzeitig wurden an sechs untertägig in der Strecke installierten Dipolen kontinuierlich Spannungszeitreihen aufgezeichnet. Der hohe Störpegel aus der Umgebung beeinträchtigte die Aufnahme von Signalen an den untertägigen Dipolen. Es wurde aber erwartet, dass der Einsatz einer leistungsstärkeren Stromquelle an der Oberfläche das Signal-Rauschverhältnis verbessert. Anfang Mai 2007 wurde deshalb das Experiment mit einer 30kW-leistungstarken Signalquelle wiederholt. An vier Transmitterdipolen (200 bis 900 m Dipolweite) gelang die Einspeisung von bis zu 10 A. Die Signale wurden untertägig an 12 Empfangsdipolen mit Dipolweiten zwischen 10 und 100 m eindeutig registriert. Trotz der anspruchsvollen geologischen Bedingungen - geschichteter Halbraum und Bundsandsteinaquifer als elektrische Abschirmung - kann gezeigt werden, dass mit derartigen Aufstellungen Untersuchungen zur Beschaffenheit des Deckgebirges durchgeführt werden können.

An Proben vom Stoß der Referenzstrecke in Teutschenthal wurde mit Wassergehalts- und Dichtebestimmung begonnen. Für die Szenarienanalyse zur geophysikalischen Erkundung an typischen Problemzonen wurden synthetische Datensätze für Geoelektrik und Seismik auf der Grundlage von mit den Projektpartnern abgestimmten gemeinsamen Modellen berechnet.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Weitere Auswertung der geoelektrischen und seismischen Messungen auf der Referenzmessstrecke in Teutschenthal-Angersdorf
- Wiederholungsmessungen am Stoß der Referenzmessstrecke in Teutschenthal-Angersdorf
- Weiterführung der Laboruntersuchungen an Gesteinsproben von den Referenzstandorten
- Fortsetzung der numerischen FEM-Modellierungen geoelektrischer Untertage-Messungen
- Geologische Stoßkartierung in der Referenzstrecke im Bergwerk Sollstedt

5. Berichte, Veröffentlichungen

Just, A., et al. (2007): Geoelektrische Messungen (DC) zur Strukturerkundung in einem Salzbergwerk. - Proc. 67. Jahrestagung der DGG, 26.-29.3.2007, Aachen, S. 438.

Just, A., et al.(2007): Gleichstromgeoelektrische und seismische Untersuchungen an Problemzonen im Salinar.- Vortrag zum 4. Fachgespräch „Geophysik und Barrieresysteme“, 7.-8.3.2007, Universität Leipzig (<http://www.geo.uni-leipzig.de/fg4.html>).

Schütze, C., et al. (2007): Strukturerkundung und Monitoring von Problemzonen im Salinar mittels DC-Geoelektrik.- Proc. 67. Jahrestagung der DGG, 26.-29.3.2007, Aachen, S. 258-259.

Zöllner, H., Schicht, T. (2007): Aktive Seismik im Salinar. - Proc. 67. Jahrestagung der DGG, 26.-29.3.2007, Aachen, S. 340.

Zuwendungsempfänger: Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA), Stilleweg 2, 30655 Hannover		Förderkennzeichen: 02 C 1315
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Universelles integriertes geophysikalisches Mess- und Auswerteinstrumentarium zur Charakterisierung von Problemzonen im Salinar. Teilprojekt GGA: Elektromagnetik, Georadar und Quantitative Charakterisierung von Problemzonen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2005 bis 31.05.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 340.080,00 EUR	Projektleiter: Ziekur	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Für die Detektion und Charakterisierung von Problemzonen in der geologischen Barriere von Endlagern und Untertagedeponien liegt in Ansätzen ein komplexes Mess- und Auswerteinstrumentarium vor, das in Ausgangsvorhaben (02C0558, 02C0568, 02C0578 und 02C0851, 02C0861, 02C0871) entwickelt wurde.

Das Ziel des aktuellen Vorhabens ist die Schaffung eines universellen integrierten geophysikalisches Mess- und Auswerteinstrumentariums, das unter den allgemeinen Bedingungen der Entsorgung im Salinalgestein einsetzbar ist. Im Vorhaben werden die Verfahren Elektromagnetik und Georadar mit den in den Parallelvorhaben "Geologie, Geoelektrik, Seismik und Szenarienmodellierung" (02C1305) und "Sonarverfahren" (02C1325) in verschiedenen Standorttypen eingesetzt und die verwendeten Methoden verknüpft. Eine aufwändige geostatistische Auswertung aller geophysikalischen Messergebnisse wird eine quantitative Charakterisierung von Problemzonen ermöglichen. Damit wird ein geophysikalischer Beitrag zur Erkennung, Bewertung und Behandlung von geologisch bedingten Problemen bei der untertägigen Entsorgung geleistet.

Die Ergebnisverwertung umfasst Patentrecherchen, Handlungsempfehlungen, marktfähige Dienstleistungsangebote und Lizenzvergabemodelle.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Identifizierung und Charakterisierung der Referenzstandorte
2. Messungen an den Referenzstandorten
3. Bestimmung physikalischer Gesteinsparameter im Labor und in situ
4. Quantitative Charakterisierung von Problemzonen durch geostatistische Auswertung aller geophysikalische Messergebnisse
5. Weiterentwicklung des komplexen Mess- und Auswerteinstrumentariums, Handlungsempfehlungen, Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die in *Teutschenthal* gewonnenen Radardaten der Kartierung wurden einer vollständigen Bearbeitung unterzogen. Es erfolgte eine geologische Vorinterpretation der Reflexionshorizonte. Aus den Ergebnissen lassen sich mögliche Problembereiche, z. B. in Form von Zerrüttungszonen ausweisen.

An der westlichen Bruchfeldgrenze in der Verbindungsstrecke *Teutschenthal-Angersdorf* erfolgten im Juni 2007 weitere Untersuchungen:

Dabei wurden die bisherigen Georadmessungen durch spezielle Multioffset-Messungen ergänzt. 2D-Finite-Differenzen-Modellierungen haben gezeigt, dass durch eine Auswertung dieser Daten sowohl das Signal-Rausch Verhältnis verbessert, als auch unerwünschte Reflexionen unterdrückt werden können. Aus einer Analyse von Amplitude und Laufzeit gegen das Offset kann auf die Geschwindigkeitsverteilung und damit auf die Verteilung der Dielektrizitätszahl im Salz geschlossen werden.

Zur Bestimmung der Dielektrizitätszahl im Streckenbereich wurde ein Adek Percometer v.6 eingesetzt. Auf der

Sohle im Bereich der festgefahrenen Fahrspuren zeigten sich sehr hohe Werte bis über 20, was zum einen infolge der Kompaktion durch Grubenfahrzeuge, zum anderen durch einen sehr hohen Wassergehalt zu erklären ist. Ca. 1 cm unterhalb dieser Schicht und auch neben den Fahrspuren liegt die Dielektrizitätszahl in der Größenordnung der Literaturwerte für Steinsalz ($\epsilon \approx 6$).

An 3 Stellen am Stoß im Bereich des Messprofils erfolgte eine Gesteinsprobenahme. Es wurden flache Bohrungen niedergebracht und verschiedene Kerne entnommen. Aus bisher nicht bekannter Ursache brach die Bohrkronen, so dass nur eine begrenzte Anzahl an Gesteinsproben für die weitere Untersuchung zur Verfügung steht. Die Proben sollen mit der Kernresonanzspektroskopie (NMR engl. von nuclear magnetic resonance) auf Porositäten analysiert werden.

Zur quantitativen Charakterisierung von Problemzonen im Salinar wurde der neue methodische Ansatz mit dem Verfahren der Support-Vector-Machines (SVM) weiterverfolgt. Dazu wurden umfangreiche Testrechnungen mit unterschiedlichen Trainingsdaten sowie variierenden internen Parametern durchgeführt. Nach der Neubearbeitung der Daten aus dem Werk Bischofferode (erstes Salinarprojekt) wurden auch die Daten aus der Kaligrube Sigmundshall (zweites Salinarprojekt) einer erneuten Bearbeitung unterzogen.

Die ehemals in einer Horizontalbohrung angetroffene Salzlösung im Anhydrit in einer Tiefe zwischen 75 m und 80 m spiegelt sich in den berechneten anomalen Mustern wieder. Dieses Ergebnis konnte nur mit den Daten der Radar- und Seismikmessungen erreicht werden. Bei Hinzunahmen der Sonardaten ergab sich kein signifikantes Muster. Prozessierte Daten der geoelektrischen Messungen lagen bis zu einer Tiefe von 30 m vor und wurden hier nicht einbezogen.

Die integrierte Auswertung der Messdaten vom Bergwerk Sollstedt erfolgte in drei Schritten:

- (a) Datenaufbereitung für die Komplexauswertung
- (b) Anwendung der SVM- Methode
- (c) Zusätzlich wurden neuronale Netze zur integrierten Auswertung getestet.

Die prozessierten Messdaten der Einzelverfahren (gemeinsam überdeckter Bereich ca. 150 m) zeigten keine übereinstimmenden bzw. keine anomalen Bereiche im untersuchten Gesteinspaket. Die SVM-Bearbeitung lieferte unterschiedliche Ergebnisse, je nachdem ob mit oder ohne Daten der Geoelektrik gerechnet wurde.

Um die Aussagesicherheit zu verbessern, wurden als zweite Mustererkennungsmethode verschiedene neuronale Netze angewandt. Die Resultate wiesen undeutliche, geologisch und geophysikalisch bisher nicht erklärbare Muster auf, die nur teilweise mit denen aus der SVM- Bearbeitung übereinstimmten.

Hinsichtlich der Mustererkennung für das vorgegebene Salzlösungsmodell lagen mittlerweile alle Daten der Projektpartner vor. Sowohl der SVM- Algorithmus als auch die neuronalen Netze erkannten die vorgegebene Salzlösungszone. Die Ableitung allgemeingültiger Gesetzmäßigkeiten zum Erhalt geeigneter Trainingsdaten für die Mustererkennung war noch nicht möglich. Eine Übertragbarkeit der Daten auf reale Verhältnisse sowie auf die einzelnen Messlokationen ist nach wie vor nicht gegeben. Bisher erfolgte der Aufbau von Lerndatensätzen empirisch auf der Grundlage von a priori Kenntnissen (Bohrungen in Sigmundshall, Tropfstelle Bischofferode) bekannter Salzlösungszone.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Eventuell Ergänzungsmessungen an beiden Bergwerksstandorten
- Auswertung der gewonnenen Multioffset-Daten
- Geologische Interpretation der Reflexionen in Zusammenarbeit mit Dr. Schwandt
- Weiterentwicklung der statistischen Lernmethode SVM zur integrierten Auswertung verschiedener geophysikalischer Methoden
- Erzeugung geeigneter Trainingsdaten über die Berechnung komplexerer Modelle für Salzlösungszone
- Untersuchung weiterer Klassifikationsmethoden für die Komplexauswertung

5. Berichte, Veröffentlichungen

UCHTMANN, S., EHRET, B. (2007): Georadarerkundung und Komplexauswertung im Salinar. - 4. Fachgespräch „Geophysik und Barriersysteme“, 07.-08.03.2007; Leipzig.

UCHTMANN, S. (2007): Strukturerkundung in einem Salzbergwerk mit dem Georadar. - 67. Jahrestagung Dt. Geophys. Ges., 26.-29.03.2007; Aachen.

UCHTMANN, S. (2007): [Georadarerkundung in der Verbindungsstrecke Teutschenthal-Angersdorf. - Poster, 4. Fachgespräch 'Geophysik und Barriersysteme', 07.-08.03.2007; Leipzig.](#)

UCHTMANN, S. (2007): [Georadarerkundung in der Hauptförderstrecke im Bergwerk Sollstedt. - Poster, 4. Fachgespräch 'Geophysik und Barriersysteme', 07.-08.03.2007; Leipzig.](#)

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (FhG), Hansastr. 27 c, 80686 München		Förderkennzeichen: 02 C 1325
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Universelles integriertes geophysikalisches Mess- und Auswerteeinstrumentarium zur Charakterisierung von Problemzonen im Salinar. Teilprojekt FhG: Sonarverfahren		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2005 bis 31.05.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 477.455,00 EUR	Projektleiter: Dr. Kühnicke	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Für die Detektion und Charakterisierung von Problemzonen in der geologischen Barriere von Endlagern und Untertagedeponien liegt in Ansätzen ein komplexes Mess- und Auswerteeinstrumentarium vor, das in Ausgangsvorhaben (02C0558, 02C0568, 02C0578 und 02C0851, 02C0861, 02C0871) entwickelt wurde.

Das Ziel des aktuellen Vorhabens ist die Schaffung eines universellen integrierten geophysikalischen Mess- und Auswerteeinstrumentariums, das unter den allgemeinen Bedingungen der Entsorgung im Salinar flexibel einsetzbar ist. Gegenstand des Vorhabens ist die Einbindung der Sonarverfahren in das Verbundvorhaben, bei dem außerdem die Bearbeitungskomplexe „Geologie, Geoelektrik, Seismik und Szenarienmodellierung“ (02C1305) und „Elektromagnetik, Georadar und Quantitative Charakterisierung von Problemzonen“ (02C1315) an verschiedenen Standorttypen eingesetzt werden. Damit wird ein geophysikalischer Beitrag zur Erkennung, Bewertung und Behandlung von geologisch bedingten Problemen bei der untertägigen Entsorgung geleistet.

Die Ergebnisverwertung umfasst Patentrecherchen, Handlungsempfehlungen, marktfähige Dienstleistungsangebote und Lizenzvergabemodelle.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Auswahl und Charakterisierung von Referenzmessorten
- AP2: Sensorentwicklung hochempfindlicher niederfrequenter Ultraschallaufnehmer
- AP3: Entwicklung bergbautauglicher Sonar-Messtechnik mit hohem Schutzgrad
- AP4: Parametergewinnung, Messkampagnen
- AP5: Weiterentwicklung der Rekonstruktionsverfahren
- AP6: Auswertung des Datenmaterials, Datenfusion
- AP7: Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Vom Bergwerksbetreiber wurde zugesichert, dass zur geologischen Kartierung der am Referenzstandort Sollstedt nachgewiesenen geophysikalischen Anomalienbereiche der Stoß mit einer Beraubemaschine freigelegt wird.
- AP2: Im Berichtszeitraum keine Aktivitäten.
- AP3: Die Softwareentwicklung für das Testmuster des bergbautauglichen 16-kanaligen Ultraschall-Messsystems wurde fortgesetzt.
- AP4: Im Berichtszeitraum keine Aktivitäten.
- AP5: Im SAFT-Rekonstruktionsverfahren wurden Offset-Parameter eingeführt, mit denen sich das Signal/Rausch-Verhältnis insbesondere bei einem geringeren Überdeckungsgrad der Sonarmessungen verbessern lässt.
- AP6: Im Rahmen des Forschungsvorhabens konnte das SAFT-Inversionsverfahren für die in situ gewonnenen Messwerte stetig weiterentwickelt werden. Im Anschluss an das Processing der an den Referenzstandorten Sigmundshall, Sollstedt und Teutschenthal gewonnenen Daten erfolgte deshalb eine Neubearbeitung der im Ausgangsvorhaben 1999/2000 in Bischofferode gewonnenen Sonardaten (Abschlussbericht „Komplexes Mess- und Auswerteelementarinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und Untertagedeponien (UTD) im Salinar“, Forschungsvorhaben 02C0568, Einbeziehung Sonarverfahren, Leipzig, März 2002). Im Ergebnis der Neubearbeitung mit dem modifizierten Auswerte- und Rekonstruktionsalgorithmus lässt sich der deutliche Einfluss der Grubenbaue auf die Messergebnisse erkennen. Da beim Processing der Daten mit wahren Signalamplituden gearbeitet wurde, bilden sich die Unterschiede in den petrophysikalischen Parametern von Anhydrit im Firstbereich - mit einer hohen Reflektivität - und Kalisalz in der Sohle - mit einer niedrigen Rückstreuung - deutlich im Sonarbild ab. Das Ergebnis der Neubearbeitung stimmt sehr gut mit dem der geoelektrischen Untersuchungen auf dem Profilabschnitt überein. Streckennah weisen niedrige Widerstände auf eine erhöhte Durchfeuchtung hin, die im Sonarbild mit einer hohen Reflexivität korrespondieren, die auf eine große Trennflächendichte schließen lässt.
- AP7: Im Berichtszeitraum keine Aktivitäten.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Entwicklung des bergbautauglichen 16-kanaligen Sonar-Messsystems wird fortgesetzt. Der Schwerpunkt der weiteren Interpretation der Messdaten liegt auf der Datenfusion der unterschiedlichen Messverfahren.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Die bisherigen Ergebnisse des Forschungsvorhabens wurden am 8. März 2007 im Rahmen des 4. Fachgesprächs „Geophysik und Barriersysteme“ am Institut für Geophysik und Geologie der Universität Leipzig vorgestellt.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln	Förderkennzeichen: 02 C 1335
Vorhabensbezeichnung: Qualifizierung von Strömungsbarrieren in Salzformationen, Phase 1 bis Phase 4	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten	
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2005 bis 30.11.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtkosten des Vorhabens: 945.114,00 EUR	Projektleiter: Dr. Herbert

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Bisherige Entwicklungen von geotechnischen Barrieren für ein Endlager oder eine Untertagedeponie in Salzformationen zeigten nur zum Teil Erfolg versprechende Resultate. Langzeit-stabile Barrieren, die auf arteigenes Material des Wirtsgesteins Salz zurückgreifen, wurden bisher nicht systematisch entwickelt oder getestet. Insbesondere bei Vorhandensein von leichtlöslichen Mineralen im Wirtsgestein, wie Carnallit oder Tachhydrit, stehen derzeit keine adäquaten Konzepte zur Verfügung.

Mit den chemisch und mineralogisch verwandten Materialien Selbstverheilender Versatz (SVV) und AISKRISTALL wurden in den vergangenen Jahren zwei Erfolg versprechende Werkstoffe entwickelt, die bereits im Labor oder im Technikum ihre jeweilige Einsatzfähigkeit als Barrierematerial zeigten. Das Zusammenwirken beider Werkstoffe und die Zuordnung von im wesentlichen Dicht- und Tragfunktion ist bisher jedoch nicht untersucht worden. Dies soll Gegenstand des vorliegenden Projektes sein. Dabei wird das generelle Ziel verfolgt, die Materialien soweit zu qualifizieren, dass sie denselben Entwicklungsstand haben wie bisher untersuchte Barrierematerialien (z. B. Salzbeton oder Bentonit).

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Entwicklung eines technischen Nachweiskonzeptes und Planung von Experimenten im Labor, im Technikum und in situ
- AP2: Vorversuche im Labor und Technikum sowie Nachweis der technischen Realisierbarkeit
- AP3: Durchführung und Auswertung von Verifikationsexperimenten
- AP4: Dokumentation der Ergebnisse und Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Kooperation zwischen den Projekten 02 C 1335 (SVV2) und 02 C 1285 (CHM) wurde mit gemeinsamen Veröffentlichungen fortgesetzt, die auf der 6. Salzmechanik Tagung im Mai 2007 in Hannover vorgestellt wurden.

Im Projekt SVV2 wurden die Messungen zur Ermittlung des Kristallisationsdrucks von reinem wasserfreiem MgSO_4 mit IP21-, NaCl- und MgCl_2 - CaCl_2 -Lösung mittelgroßen Druckgefäßen fortgesetzt und die Messungen in der Asse in den Druckbehältern aufgenommen. Alle Versuche wurden über einen Zeitraum von bis zu drei Monaten unter gleichen Randbedingungen, gleiches Feststoff/Lösungsverhältnis, schnellstmögliche Flutung und Aufrechterhaltung eines maximalen Lösungsdrucks von 35 bar, durchgeführt. Insgesamt liegen 31 Quelldruckmessungen vor, 11 davon mit NaCl-Lösung, 12 mit IP21-Lösung und 8 mit Tachhydrit-Lösung. Davon wurden 24 Messungen in kleinen zylindrischen Druckzellen an Probekörpern mit einem Durchmesser von 5 bis 10 cm Länge und einem Durchmesser von 5 cm durchgeführt. Vier Versuche wurden in Druckrohren von 1 m Länge und 40 cm Durchmesser durchgeführt. Daraus stammen 8 Proben für die Messwerte von Kristallisationsdrücken vorliegen. Für ausgewählte Proben liegen gleichzeitig Messwerte für alle relevanten chemisch-mineralogischen, hydraulischen und geomechanischen Kennwerte vor, die für eine gekoppelte THMC-Modellierung erforderlich sind, wie sie im Vorhaben 02 C 1285 (CHM) vorgesehen ist. Eine detaillierte Darstellung der Arbeiten und Ergebnisse findet sich in Herbert, H.-J. (2007). Alle Ergebnisse zeigen, dass die Lösung, die die besten hydraulischen und mechanischen Eigenschaften des resultierenden SVV-Dichtkörpers liefert, die MgCl_2 - CaCl_2 -Lösung ist. Deshalb werden die Bohrlochversuche mit dieser Lösung durchgeführt. Dies bedeutet allerdings einen deutlichen finanziellen und zeitlichen Mehraufwand, da diese Lösung aus Chemikalien hergestellt werden muss.

4. Geplante Weiterarbeiten

Alle vier geplanten Versuche in großen Druckrohren in der Asse laufen und werden im zweiten Halbjahr 2007 abgeschlossen. Die bisher erzielten Ergebnisse in den mittleren und großen Druckgefäßen haben alle Randbedingungen ergeben, die für den großmaßstäblichen Bohrlochversuch im 1 m Durchmesser Vertikalbohrloch gebraucht werden. Dieser Versuch ist in Vorbereitung und wird mit der Flutung des SVV im September begonnen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Herbert, H.-J. (2007): Self Sealing Backfill (SVV) – A salt based material for constructing seals in salt mines. – Proceedings of the 6th Conference on the Mechanical Behavior of Salt, 22-25. Mai 2007, Hannover.

Xie, M., Moog, H. C., Wang, W., Herbert, H.-J., Shao, H. und Kolditz, O. (2007): Reactive transport modelling in salt material based on Gibbs energy minimization. - Proceedings of the 6th Conference on the Mechanical Behavior of Salt, 22.-25. Mai 2007, Hannover.

Werunski, F., Hou, Z. und Moog, H. C. (2007): Coupled modelling of the C:HM behavior of self healing salt based backfill. - Proceedings of the 6th Conference on the Mechanical Behavior of Salt, 22.-25. Mai 2007, Hannover.

Zuwendungsempfänger: Öko-Institut e.V. – Institut für angewandte Ökologie, Merzhauser Straße 173, 79100 Freiburg		Förderkennzeichen: 02 C 1345
Vorhabensbezeichnung: Methodenentwicklung für die ökologische Bewertung der Entsorgung gefährlicher Abfälle unter und über Tage und Anwendung auf ausgewählte Abfälle		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2005 bis 31.05.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 31.05.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 253.485,00 EUR	Projektleiter: Dehoust	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung von wissenschaftlich begründeten und nachvollziehbaren Methoden zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Entsorgungsmethoden für schadstoffhaltige Abfälle und deren Erprobung anhand ausgewählter Abfälle.

Das Forschungsvorhaben soll dazu beitragen, die Entsorgung von Abfällen insgesamt umweltverträglicher und nachhaltiger zu gestalten, indem gezeigt wird, für welche Abfälle bzw. Abfallarten welche Entsorgungsverfahren – auch unter Berücksichtigung beispielsweise sozialer und abfallwirtschaftlicher Aspekte – am besten geeignet sind. Es soll ferner dazu beitragen, dass die Ablagerung von Abfällen unter Tage zum Zwecke des Versatzes sicherer gestaltet werden kann, indem Abfälle bzw. Abfallarten identifiziert werden, die für den Versatz unter Berücksichtigung von Bergwerkstyp und Versatzverfahren geeignet sind.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Untersuchungsprogramm gliedert sich in sechs Arbeitspakete (AP).

In AP1 wird eine Mengenstromanalyse der potenziell für den Versatz geeigneten Abfälle durchgeführt. Die unterschiedlichen Verwertungs- und Beseitigungsverfahren für die Abfälle werden in AP2 beschrieben und analysiert. Die Daten der beiden Arbeitspakete werden in AP3 zusammengeführt und Abfälle für die spätere detaillierte Bewertung nach Nachhaltigkeitskriterien ausgewählt. Die konkurrierenden Behandlungs- und Beseitigungsverfahren für ausgewählte Abfallarten werden in AP4 in einer Sach- und Wirkungsbilanz auf ihre Nachhaltigkeit untersucht. In AP5 wird schließlich die vergleichende Bewertung anhand der Kriterien Umweltauswirkungen, ökonomische Aspekte und soziale Aspekte vorgenommen. In AP6 werden Konsequenzen der Bewertung für die verschiedenen Akteure (Versatzbergwerke, Abfallerzeuger und Verwaltung) aufgezeigt.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Arbeitspakete 1, 2 und 3

Die Arbeiten an diesen Arbeitspaketen sind abgeschlossen.

Arbeitspaket 4

Im Arbeitspaket 4 wurden die Entwicklungsarbeiten für ein Bewertungsschema abgeschlossen. Das vorläufige Bewertungsschema wurde als Grundlage für die Bewertung der ausgewählten Verfahrenskombinationen (AP5) angewendet, dabei weiter verfeinert und geringfügig an spezielle Bedingungen angepasst.

Arbeitspaket 5

Im Arbeitspaket 5 wurden für die in Arbeitspaket 3 festgelegten Abfälle und Verfahrenskombinationen sowohl eine Ökobilanz als auch eine Stoffstromanalyse für die Schwermetalle durchgeführt. Der Einfluss von vorliegenden Datenlücken auf das Ergebnis wurde mit Sensitivitätsanalysen herausgearbeitet. Für alle ausgewählten Abfallarten sind diese Arbeiten abgeschlossen.

Abschluss-Workshop

Der geplante Abschluss-Workshop wurde am 15.5.2007 unter Beteiligung von Verbänden und Unternehmen der Entsorgungswirtschaft, Vertretern von Behörden und allen Bearbeitern durchgeführt. Es wurden die Ergebnisse vorgestellt und Anregungen diskutiert. Die Diskussionspunkte sind in einem Protokoll festgehalten und wurden im Anschluss an den Workshop bei den abschließenden Arbeiten berücksichtigt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Mit Beendigung der Projektlaufzeit wurden die aufgrund der Anregungen beim Workshop verbleibenden Restarbeiten an den Arbeitspaketen durchgeführt und abgeschlossen. Die begonnenen Arbeiten am Entwurf des Abschlussberichts werden fortgeführt. Der Abschlussbericht wird aus heutiger Sicht in dem dafür vorgesehenen Zeitraum fertig gestellt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Zur Vorbereitung des Workshops wurde eine etwa 50-seitige Ergebnisdarstellung erarbeitet und allen Teilnehmern zur Verfügung gestellt. Änderungs- und Korrekturwünsche wurden nach dem Workshop eingearbeitet und eine überarbeitete Version mit dem Protokoll an alle Teilnehmer versandt.

Mit Vorliegen des Abschlussberichts werden Veröffentlichungen in Fachzeitschriften geplant, um die wichtigsten Ergebnisse des Projekts in einer breiten Fachwelt noch bekannter zu machen. Es wird ferner erwogen, besonders die Abfallbehörden in geeigneter Form über die Ergebnisse zu unterrichten.

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Clausthal, Adolph-Römer-Str. 2 a, 38678 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 C 1355
Vorhabensbezeichnung: Weiterentwicklung der EDV-Software INFIL zur Simulation des druckbetriebenen Infiltrationsprozesses von Fluiden in ein nicht permeables Barrieren-Gebirge (Salinar)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2005 bis 31.08.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 581.000,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Lux	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen von Standortvergleichen und standortbezogenen Sicherheitsanalysen müssen die Änderungen von Tragverhalten und langzeitsicherer Abdichtungsfunktion der Barrierengesteinsformation Salzgestein, welche bei einer druckgetriebenen Infiltration von fluiden Medien in das ein Endlager umgebende Salinargebirge zu erwarten sind, qualitativ und quantitativ beschrieben werden können. Dazu sind als Grundlage die zur Infiltration führenden und die davon beeinflussten Prozesse zu identifizieren und zu beschreiben (physikalische Modellierung). Des Weiteren muss ein Instrumentarium erarbeitet werden, mit dessen Hilfe das Tragverhalten und die Funktionsfähigkeit von Gebirge (sowohl als Tragelement wie auch als geologische Barriere) und geotechnischen Barrieren (als Verbundkonstruktionen von umgebendem Gebirge und bautechnischen Abdichtungs- / Tragelementen) analysiert und mit hinreichend zuverlässiger Sicherheit prognostiziert werden können.

Es ist daher Ziel des Vorhabens, unter Nutzung und durch zusätzliche Erweiterung bestehender Software, das vom Antragsteller entwickelte Infiltrationsmodell nach *Lux* mit den notwendigen Modifikationen auf verschiedene Fluide als Infiltrationsmedium zu übertragen und anzuwenden. Aufbauend auf abgesicherten laborativen Erkenntnissen soll herausgearbeitet werden, welche Erweiterungen zukünftig erforderlich sind, um das vorhandene Infiltrationsmodell auch auf Gase als Infiltrationsmedium anwenden zu können.

Die Validierung des Infiltrationsmodells erfolgt in einem ersten Schritt durch die Simulation von Laborversuchen (back-analysis). Durch die Anwendung auf ein exemplarisches Grubensystem ist eine weitere Validierung des Infiltrationsmodells beabsichtigt (Plausibilitätsanalyse).

Das beantragte Vorhaben trägt dazu bei, die Prädiktionsqualität der für eine Prognose des Langzeitverhaltens und der Barrierenintegrität erforderlichen Nachweise zu erhöhen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Arbeitsprogramm ist entsprechend der gewählten Zielsetzung in folgende Arbeitspakete gegliedert:

- AP1: Infiltrationsversuche an Salzprüfkörpern mit unterschiedlichen Fluiden
- AP2: Infiltrationsversuche an Salzprüfkörpern aus verschiedenen Lokationen
- AP3: Anpassung / Erweiterung des vorhandenen Infiltrationsmodells (Infiltrationsraten- / Infiltrationsmengenmodell)
- AP4a: Implementierung des erweiterten Infiltrationsmodells und Kopplung an das FEM-Programm MISES3
- AP4b: Implementierung des erweiterten Infiltrationsmodells und Kopplung an das FDM-Programm FLAC3D
- AP5: Versuche an vollständig oder teilweise axial gelochten Prüfkörpern
- AP6: Validierung der rechnerischen Simulation des Infiltrationsprozesses anhand laborativer Untersuchungen an speziellen Prüfkörpern
- AP7: Demonstration der Wirkungsweise der Simulationssoftware INFIL anhand von exemplarischen Beispielen

AP8: Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Versuche mit Tracer-Flüssigkeit und Lauge wurden und werden durchgeführt. Versuche mit Lauge sind nicht geeignet, die infiltrierten Bereiche zu identifizieren.
- AP2: Die Versuche sind bislang an Prüfkörpern aus Asse-Steinsalz sowie drei weiteren Lokationen durchgeführt worden. Darüber hinaus sind erste Infiltrationsversuche mit Tracer-Flüssigkeit bei einem signifikant höheren Druckniveau erfolgt. Hier ist eine so deutliche Trennung zwischen Infiltrations- und Strömungsphase wie in den bisherigen Versuchen nicht zu erkennen.
- AP3: Das Infiltrationsmodell wird weiterhin für eine 3D-Berechnung modifiziert mit dem Ziel einer Berücksichtigung von Schichtungseinflüssen auf die Infiltrationsfrontentwicklung. Das Infiltrationsmodell wurde für eine Berechnung an einem rotationssymmetrischen Modell mit dem Ziel der Berücksichtigung von thermisch bedingtem Druckaufbau modifiziert. Des Weiteren wurde das Infiltrationsmodell mit dem Ziel der Berücksichtigung einer Querinfiltration modifiziert. Unter dem Aspekt versetzter Grubenräume mit dem Versatz als porösem Material sind Erweiterungen hinsichtlich der stofflichen Modellierung bei mechanisch-hydraulischer Kopplung vorgenommen worden (Versatzkompaktion und Fluidruckaufbau).
- AP4: Die weitere Implementierung und Verifikation der Kopplung des Infiltrationsmodells an das FDM-Programm FLAC3D sind Gegenstand der derzeitigen Arbeiten, um damit eine Berechnung von 3D-Modellen zu ermöglichen. Die Ergebnisse sind noch nicht zufrieden stellend. Die Gleichungen zur Berücksichtigung eines thermisch bedingten Druckaufbaus wurden zur Kopplung an das FEM-Programm MISES3 implementiert. Die Gleichungen zur Berücksichtigung der Querinfiltration sind zur Kopplung an das FEM-Programm MISES3 implementiert worden. Die Erweiterung auf Berücksichtigung eines porösen Versatzmaterials ist in das Programm INFIL-MISES3 implementiert und getestet worden.
- AP5: Die Versuche sind bislang an Vollprüfkörpern durchgeführt worden.
- AP6: Die Validierung des Infiltrationsmodells und die numerischen Simulationen werden parallel zur Weiterentwicklung der Simulationssoftware durchgeführt.
- AP7: Arbeiten an einem ersten Beispiel sind aufgenommen worden.
- AP8: Keine.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Weitere Versuche mit unterschiedlichen Fluiden / Salzgesteinen / Belastungsrandbedingungen.
- AP2: Weitere Versuche mit geändertem Infiltrations-Druckniveau.
- AP3: Weitere theoretische Ansätze sind zurzeit nicht vorgesehen; schwerpunktmäßig wird an der Umsetzung gearbeitet.
- AP4: Die Arbeiten zur Kopplung FLAC3D-INFIL werden fortgesetzt. Die Implementierung der 3D-Infiltration wird fortgesetzt.
- AP5: Die Versuchsdurchführung an vollständig oder teilweise axial gelochten Prüfkörpern wird fortgesetzt.
- AP6: Weitere Verifikations- und Validierungsberechnungen werden nach Erfordernis, insbesondere nach Programmerweiterungen und im Zusammenhang mit der Kopplung an FLAC3D vorgenommen.
- AP7: Weiterführung der Arbeiten an exemplarischen Beispielen (Bernburg-Kaverne, Bernburg-Bohrlochfracversuch mit Gas).
- AP8: Abschlussbericht.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Lux, K.-H. (2007): Long-term Behavior of Sealed Brine-filled Cavities in Rock Salt Mass – A new Approach for Physical Modelling and Numerical Simulation, Proceedings of the 6th Conference on the Mechanical Behavior of Salt in Hannover, Germany.

Zuwendungsempfänger: Kali-Umwelttechnik GmbH vorm. Kaliforschungsinstitut, Am Petersenschacht 7, 99706 Sondershausen		Förderkennzeichen: 02 C 1395
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Optimierung von Magnesiabindersystemen für die Verwendung in Verschlussbauwerken für untertägige Deponien und Endlager für radioaktive Abfälle im Salinar – Teilprojekt 1		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2005 bis 31.12.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 615.337,00 EUR	Projektleiter: Dr. Heuchel	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben wird auf der Basis der Zusammenarbeit durch folgende Institutionen bearbeitet:

- Institut für Bergbau, TU Clausthal
- Institut für Nichtmetallische Werkstoffe, TU Clausthal
- Kali-Umwelttechnik GmbH (K-UTEK), Sondershausen

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Arbeitspaket 2 sieht folgende Untersuchungsschwerpunkte vor:

- Rezepturenentwicklung mit verschiedenen MgO-Typen
- Nachweis der Eigenschaften der Systeme
- Untersuchungen zur Wärmefreisetzung und zur Aussteuerung der Wärmefreisetzung
- Untersuchung zur Festigkeit

Im Arbeitspaket 3 sind röntgenografische und Strukturuntersuchungen an Magnesiabindersystemen auf Sulfatbasis geplant.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Rahmen der Rezepturenentwicklung wurden verschiedenste MgO-Typen untersucht und charakterisiert, um zunächst das Leimsystem MgO-MgSO₄-H₂O beschreiben bzw. gezielt einstellen zu können. Dabei wurde neben der chemischen Zusammensetzung vor allem die Aktivität der verschiedenen MgO-Typen mittels der Zitronensäuremethode untersucht.

Anschließend wurde mit MgO-Typen unterschiedlicher Aktivität das reine Leimsystem MgO-MgSO₄-H₂O angemischt und der Temperaturverlauf dieser Reaktion aufgezeichnet. Aus diesen Daten konnten für die weiteren Untersuchungen geeignete MgO-Typen ausgewählt werden, die einen Aktivitätsbereich von ca. 100 – 180 s abdecken und möglichst wenig verunreinigt sind, d. h. einen MgO-Gehalt von > 90 % aufweisen. Mit steigender Aktivität (schneller

ablaufender Reaktion) steigt die erreichte Reaktionstemperatur und der Ansteifungsvorgang läuft schneller ab.

Bei der Untersuchung des reinen Leimsystems unterschiedlicher Mischungen wurde durch röntgenografische Untersuchungen festgestellt, dass sich bei einem stöchiometrischen Verhältnis von $\text{MgO}:\text{MgSO}_4$ von 3:1 ein Mg-Oxysulfat ($3 \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$, die sog. 3:1:8-Pase) bildet. Zusätze von verschiedenen Säuren oder sauren Salzen in unterschiedlichen Mengen – die zugesetzt wurden, um den pH-Wert der Mischung zu senken – zeigten nicht die erhoffte Wirkung hinsichtlich der Bildung von bestimmten Oxysulfaten. Allerdings bildete sich bei Zusatz von H_2SO_4 bzw. von Sulfaten eine 1:1:5-Phase.

Alle hergestellten Prüfkörper aus den $\text{MgO-MgSO}_4\text{-H}_2\text{O}$ -Mischungen erreichten jedoch nur relativ geringe Druckfestigkeiten im Bereich von 2 bis 12 MPa.

Durch die begrenzte Löslichkeit von MgSO_4 in Wasser enthält das Leimsystem $\text{MgO-MgSO}_4\text{-H}_2\text{O}$ einen relativ hohen Wasser- bzw. Lösungsanteil, der festigkeitsmindernd wirkt. Durch Zusatz von Kieserit bzw. Anhydrit, die durch Hydratation wasserbindend wirken, sollte die Festigkeit der hergestellten Prüfkörper erhöht werden. Diese Reaktion verläuft jedoch zu langsam, um während der Anmischzeit der Mischungen (bis 12 h) die gewünschte Hydratation abzuschließen.

Durch die Erhöhung des Verhältnisses $\text{MgO}:\text{MgSO}_4$ konnten nur in sehr geringem Maße Oxysulfate im System hergestellt werden. Röntgenografisch nachgewiesen wurden dagegen Brucit $\text{Mg}(\text{OH})_2$, Periklas MgO und Epsomit $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$.

Parallel und ausgehend von den Mischungen des reinen Leimsystems wurden Rezepturen angemischt unter Zusatz von Quarzsand und Quarzmehl als inerte, festigkeitserhöhende bzw. stabilisierende Zuschlagstoffe. Die erzielten Druckfestigkeiten der Prüfkörper unter Zusatz dieser Inertstoffe liegen im Bereich von 10 – 20 MPa und damit etwas höher als die Druckfestigkeiten des Leimsystems. Durch den Einsatz von Fließmitteln, eine pH-Wert-Erniedrigung bzw. die Variation der Inertstoffe wurde die Rezeptur modifiziert und sowohl die Frischmörteleigenschaften als auch die Eigenschaften der ausgehärteten Festkörper konnten damit verbessert werden, erreichen jedoch weiterhin nicht das vorgegebene Zielgebiet ($> 35 \text{MPa}$).

4. Geplante Weiterarbeiten

Das Leimsystem $\text{MgO-MgSO}_4\text{-H}_2\text{O}$ soll im weiteren Verlauf der Untersuchungen zu höheren Druckfestigkeiten hin entwickelt werden. Hierbei kommt der chemischen Bindung des überschüssigen Wassers bzw. der überschüssigen Lösung eine besondere Bedeutung zu.

Ein weiterer Untersuchungsschwerpunkt ist die gezielte Bildung von Oxysulfaten bei höheren Temperaturen (bis maximal $80 \text{ }^\circ\text{C}$). Röntgenografische und Strukturuntersuchungen sollen den Nachweis der Bildung unterschiedlicher Oxysulfatphasen erbringen. Darüber hinaus werden die Untersuchungen im Hinblick auf ein erhöhtes Mol-Verhältnis $\text{MgO}:\text{MgSO}_4$, den Energieeintrag und den Einsatz unterschiedlicher Inertstoffe fortgeführt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Clausthal, Adolph-Römer-Str. 2 a, 38678 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 C 1405
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Optimierung von Magnesiabindersystemen für die Verwendung in Verschlussbauwerken für untertägige Deponien und Endlager für radioaktive Abfälle im Salinar – Teilprojekt 2		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2005 bis 31.12.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 330.406,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Langefeld	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Gesamtziel des Vorhabens ist die Weiterentwicklung und Optimierung bestehender Magnesiabinder-Systeme für Verschlussbauwerke in Untertage-Deponien und atomaren Endlagern im Salinar unter besonderer Berücksichtigung der Langzeitsicherheit, der Resistenz gegenüber zutretenden Lösungen, der Beherrschung der maximalen Abbinde-temperaturen und der Bereitstellung eines praktikablen Verfahrens.

Das Projekt beginnt mit der Grundlagenuntersuchung an Magnesiabindersystemen zum einen auf Basis von Alkali-Phosphaten (INW) und zum anderen auf Basis von Oxysulfaten (K-UTEC). Erfolgsversprechende Baustoffabstimmungen sollen in Folge umfangreicher Eignungsuntersuchungen im Labor unterzogen werden (INW, IBB). Daran schließen sich Handhabungsversuche zur Einbringung und Verarbeitbarkeit der Baustoffe (K-UTEC, IBB) sowie ein kleintechnischer Versuch im m³-Bereich an.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Grundlagenuntersuchung zur Optimierung der Magnesiabinder-Alkali-Phosphat-Baustoffe (INW)
- AP2: Grundlagenuntersuchung zu dem Magnesiabinder Oxysulfat-System (K-UTEC)
- AP3: Gefügeuntersuchung an den Magnesiabindersystemen auf Phosphat- und Sulfat-Basis (INW)
- AP4: Untersuchungen zu den Eigenschaften der Baustoffe unter geomechanischen Gesichtspunkten (IBB)
- AP5: Handhabungsversuche (IBB, K-UTEC)
- AP6: Erprobung optimierter Systeme in einer kleintechnischen Versuchsanlage analog FuE-Projekt 02C1214 (K-UTEC)
- AP7: Versuchsauswertung, Abschlussberichte, Verwertungskonzept (alle Verbundpartner)

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Während des Berichtszeitraumes wurden in unserer Triaxialzelle Tests mit Proben der Firma K-UTEC durchgeführt. Es handelte sich um Proben auf Basis von Magnesiumoxychlorid. Dabei zeigte sich, dass noch kleine Veränderungen an den Einstellungen bzw. der Steuerungssoftware durchgeführt werden mussten. Diese konnten erfolgreich im Verlaufe der Tests mit den Proben aus Sorelzement vorgenommen werden. Nach Abschluss der Tests funktionierte die Triaxialzelle optimal.

Anschließend wurde eine erste Probe auf Phosphatbasis (Grundrezeptur 1) des Institutes für Nichtmetallische Werkstoffe eingebaut und getestet. Bis zum Ende des Berichtszeitraumes war nur eine Teilauswertung möglich, da der Versuch noch nicht abgeschlossen ist. Anhand dieser Zwischenauswertungen ist jedoch erkennbar, dass die Probe bis jetzt einem axialen Druck von 15 MPa standhielt und es zu keiner Durchströmung mit NaCl-Lauge (Durchströmdruck: 5×10^5 Pa) gekommen ist. Parallel dazu wurde der Weg aufgenommen. Anhand dieses aufgenommenen Weges kann man darauf schließen, dass es zu Veränderungen des Probenkörpers gekommen ist. Dabei kommt als mögliche Ursache entweder eine elastisch bzw. plastische Verformung des Probenkörpers oder durch Lösungserscheinungen hervorgerufene Verkürzung des Probenkörpers in Frage. Dies kann aber erst nach dem Ausbau der Probe überprüft werden.

4. Geplante Weiterarbeiten

Im folgenden Berichtszeitraum sollen erste Proben der Firma K-UTEC auf Sulfatbasis in der Triaxialanlage geprüft werden. Parallel dazu werden auch weiterhin die Proben des Institutes für nichtmetallische Werkstoffe geprüft. Dabei handelt es sich um die optimierten Proben der Grundrezeptur 1. Die Optimierung erfolgt hinsichtlich der Lösungsoptimierung, des Phosphatgehaltes, der verschiedenen MgO-Reaktivitäten und Korngrößen, des Zuschlages und der Verarbeitbarkeit am Institut für Nichtmetallische Werkstoffe.

Außerdem sollen erste Untersuchungen hinsichtlich der Wärmeleitfähigkeit an den Proben auf Phosphatbasis stattfinden sowie die Bestimmung der Permeabilität dieser Proben.

Ein weiterer Untersuchungsschwerpunkt stellt das Anbindevermögen an das umgebende Salzgebirge dar. Dazu werden Salz-Bohrkerne in der Mitte aufgebohrt und mit den verschiedenen optimierten Baustoffmischungen gefüllt.

Anschließend sollen folgende Untersuchungen durchgeführt werden:

- REM-Aufnahmen,
- Beaufschlagung der Zylinderprobe mit diversen Salzlösungen in der Triaxialzelle,
- Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes sowie
- Bestimmung der Haftscherfestigkeit und Zugfestigkeit.

Ferner werden die Überlegungen zum Arbeitspaket 5: „Handhabungsversuche“ fortgeführt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Clausthal, Adolph-Römer-Str. 2 a, 38678 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 C 1415
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Optimierung von Magnesiabindersystemen für die Verwendung in Verschlussbauwerken für untertägige Deponien und Endlager für radioaktive Abfälle im Salinar – Teilprojekt 3		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2005 bis 31.12.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 290.000,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Wolter	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Hauptziel ist die Entwicklung einer gebrauchsfähigen neuartigen Magnesiabinder-Rezeptur mit phosphatischer bzw. sulfatischer Bindung auf der Basis salinärer und/oder salinar-kompatibler Grundstoffe, die

- ein dichtes Gefüge entwickelt (minimale Lösungs- und Gaspermeabilität),
- gegenüber bisherigen Systemen eine deutlich höhere Wasser- und Laugenresistenz aufweist,
- eine entsprechend den geomechanischen Anforderungen ausreichende Stützwirkung und Kriechfähigkeit entwickelt und aufrechterhält,
- leicht einzubringen ist,
- keinen Verdichtungsaufwand erfordert, sondern durch autogene Quellreaktionen selbstverdichtend ist, kraftschlüssig an das umgebende Gestein anbindet, den Quelldruck dauerhaft aufrechterhält und über eine sekundäre Quellung bei Lösungszutritt Umläufigkeiten unterbindet,
- wenig Reaktionswärme freisetzt, um übermäßige Selbsterwärmung zu vermeiden, und
- (gemessen an den hohen Anforderungen) kostengünstig ist.

Weiterhin soll das Erhärtungsverhalten so steuerbar sein, dass – unbeschadet eines schnellen Erstarrens – die bei der Reaktion entstehende Wärme über einen langen Zeitraum emittiert und dabei auch gut aus dem Verschlussbauwerk abgeleitet werden kann.

Mineralische Bindemittel werden üblicherweise zusammen mit Mineralkörnungen als Verbundwerkstoff konzipiert. Die Magerung verfolgt dabei mehrere Ziele:

- Minimierung des Bindemittelanteils
- Minimierung des Anmischflüssigkeitsbedarfes
- Minimierung der Reaktionswärme bezogen auf den Baustoff insgesamt
- Verbesserte Wärmeableitung ins Nebengestein
- Schneller Aufbau des Expansionsdruckes durch Verminderung der anfänglichen Porosität
- Anpassung der Kriecheigenschaften an das umgebende Wirtsgestein
- Kostenersparnis.

Nach Abschluss dieser umfangreichen Untersuchungen gehen wir von einem Entwicklungsstand aus, der eine Bergerprobung bzw. einen großtechnischen Versuch (Versuchsdamm) zulässt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Löslichkeitsuntersuchungen
- Rezepturenentwicklung
- Kalorimeteruntersuchungen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Löslichkeit von verschiedenen MgO-Typen in Wasser und in NaCl-Lösungen verschiedener Konzentrationen wurde untersucht. Es sollte ermittelt werden, ob man durch vorheriges Lösen des MgO in NaCl-Lösung eine bessere Verbindung zwischen MgO und Phosphat herstellen kann. Leider konnte diese Annahme nicht bestätigt werden.

Da die bisherigen Versuche mit im Handel erhältlichen Phosphaten und gesättigter NaCl-Lösung zu keinen zufrieden stellenden Ergebnissen führten, ist die Herstellung eines kostengünstig reaktiven Magnesiahydrogenphosphates eine Option. Aus zwei verschieden reaktiven MgO-Typen konnte mit einer einfachen Herstellungstechnik ein Magnesiahydrogenphosphat hergestellt werden. Doch reagierte dieses Phosphat nicht ausreichend mit gesättigter NaCl-Lösung.

Durch eine Modifikation der NaCl-Lösung können erhärtende Proben mit verschiedenen im Handel erhältlichen Phosphaten auch mit NaCl als Zuschlag hergestellt werden. Mit einer ersten Grundrezeptur wurden mehrere Zylinder hergestellt. Sie werden zur Zeit in der Triaxialzelle des IBB geprüft.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Recherche nach geologisch stabilen Magnesiaphosphaten
- Grundsätzliche Untersuchungen bezüglich des Erhärtungsverhaltens dieses Systems
- Löslichkeitsuntersuchungen
- Optimierung der Grundrezeptur
 1. Lösungsoptimierung
 2. Optimierung des Phosphatgehaltes
 3. Optimierung der Zusammensetzung der verschiedenen Phosphate
 4. Optimierung der verschiedenen MgO-Reaktivitäten und Korngrößen
 5. Optimierung des Zuschlages
 6. Optimierung der Verarbeitbarkeit
- Modifizierung der Grundrezeptur falls notwendig
- Kalorimeteruntersuchungen
- röntgenographische Phasenanalyse der Reaktionsprodukte

5. Berichte, Veröffentlichungen

Vortrag über das Bindemittelsystem im Fachbereich Bauchemie an der Universität München am 6. Juni 2007

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 1426	
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben THEREDA: Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis - Teilvorhaben GRS			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten			
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2006 bis 30.06.2009		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 503.928,00 EUR		Projektleiter: Dr. Herbert	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Es wird eine einheitliche, umfassende und konsistente thermodynamische Referenzdatenbasis zur geochemischen Modellierung von Nah- und Fernfeldprozessen für die derzeit in Deutschland diskutierten oder bereits realisierten Wirtsformationen untertägiger Entsorgungseinrichtungen erstellt. Besonderer Wert wird auf eine lückenlose Dokumentation und Rückverfolgbarkeit von Datenbankeinträgen gelegt. Es ist vorgesehen, den bereits in anderen Datenbanken vorhandenen Datenbestand zu integrieren. Eine Datenbank dient als zentrale, gemeinsame technisch-wissenschaftliche Basis, um schrittweise eine konsistenten Datenbasis für relevante thermodynamische Informationen für das System des ozeanischen Salz und für ausgesuchte toxische Elemente zu entwickeln. Gleichzeitig hilft sie bei der Identifikation von Wissenslücken und beim Entwurf von Strategien zu deren Schließung. Im weiteren Verlauf des Vorhabens werden Werkzeuge zur Verfügung gestellt, um automatisiert anwendungsspezifische Parameterdateien aus der Datenbank zu generieren. Es wird eine geeignete Strategie entwickelt, um die Rückverfolgbarkeit jedes Einzeldatums in diesen Parameterdateien bis zur Primärliteratur zu gewährleisten. Die Parameterdateien werden über das Internet der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Damit wird auch eine nützliche Informations-Rückkopplung an die Bereitsteller der Datenbank ermöglicht. Das Vorhaben THEREDA wird in enger Abstimmung mit den Vorhaben THEREDA-RN (BMW) und THEREDA-SZ (BfS) durchgeführt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Planung, Strukturierung und Aufbau einer Datenbank zur Aufnahme thermodynamischer Daten
- Entwicklung einer Nutzerschnittstelle zur qualitätsgesicherten Eingabe von Daten in die Datenbank
- Entwicklung, Ergänzung und Dokumentation konsistenter thermodynamischer Datenbanken für Zink, Chrom, Kobalt, Nickel, Kupfer, Arsen, Cadmium, Quecksilber, Blei und Eisen bei 25 °C
- Qualitätsmanagement: Entwicklung von Guidelines zur Bewertung thermodynamischer Daten und zur Aufstellung von Schätzwerten; Validierungen; Durchführung von Konsistenzprüfungen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Berichtszeitraum kamen die Planungsarbeiten für die Datenbank zum Abschluss.

- Die Entwicklung der Datenbankstruktur wurde beendet
- Es wurde ein Set an Auswahllisten definiert, das die institutionenübergreifende Konsistenz bei den Definitionen von Elementen und Basisspezies sicherstellt
- Bereitstellung von Excel-basierten Listen für Phasenkonstituenten zur weiteren Bearbeitung durch die Projektpartner
- Die Datenbankstruktur ist vollständig dokumentiert und wird fortlaufend gepflegt
- Kurze Zeit später erfolgte die Umsetzung der Struktur in Form einer PostgreSQL-Datenbank. Diese steht – zunächst nur projektintern – auf einem GRS-Server zur Verfügung.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Eintragung neuer Daten in die Datenbank erfolgt dezentral über separate Datenblätter. Im kommenden Halbjahr ist geplant, die Benutzeroberfläche zur Erstellung dieser Datenblätter fertigzustellen. Hierzu werden Schnittstellen zum Abrufen und zum Schreiben von Daten in die Datenbank entwickelt.

Daten, die in dieser Form von den Projektpartnern zur Verfügung gestellt werden, werden dann in die Datenbank eingetragen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V., Bautzner Landstraße 128 (B6), 01328 Dresden		Förderkennzeichen: 02 C 1436
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben THEREDA: Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis - Teilvorhaben FZD		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2006 bis 30.06.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 109.732,00 EUR	Projektleiter: Dr. Brendler	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Verbundprojektes mit der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln und der TU Bergakademie Freiberg ist die Erstellung einer einheitlichen, umfassenden und konsistenten thermodynamischen Referenzdatenbasis zur geochemischen Modellierung von Nah- und Fernfeldprozessen für die derzeit in Deutschland diskutierten oder bereits realisierten Wirtsformationen untertägiger Entsorgungseinrichtungen. Hierzu bilden die beteiligten Projektpartner einen Kreis von Experten, der vorhandene thermodynamische Stoffgrößen sammelt, nach einheitlich vorher festgesetzten Kriterien bewertet und in einer Datenbank zusammenfasst. Besonderer Wert wird auf eine lückenlose Dokumentation und Rückverfolgbarkeit von Datenbankeinträgen gelegt. Es ist vorgesehen, den bereits in anderen Datenbasen vorhandenen Datenbestand zu integrieren. Die Datenbank hilft bei der Identifikation von Wissenslücken und beim Entwurf von Strategien zu deren Schließung.

Im weiteren Verlauf des Vorhabens werden Werkzeuge zur Verfügung gestellt, um automatisiert anwendungsspezifische Parameterdateien aus der Datenbank zu generieren. Die Parameterdateien werden über das Internet der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Damit wird auch eine nützliche Informations-Rückkopplung an die Bereitsteller der Datenbank ermöglicht.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Projektmanagement
(Berichtswesen, Treffen mit Projektpartnern, Intranet)
- AP2: Qualitätsmanagement und Dokumentation
(Definition von Richtlinien, Testrechnungen mit vom DB-Generator entwickelten Parameterdateien, Konsistenzprüfungen, Nutzerhandbuch)
- AP3: Datenmanagement: Datenbank, Filter, Parameterdateien
(Erstellung und Weiterentwicklung der Datenbankstruktur, Sicherstellung eines Archivierungsmodus, Interface zur Datenrecherche und -verarbeitung)
- AP4: Datenbasis für Schwermetalle und Arsen
(Sammeln, Auswerten und Auswählen von Daten und Übertragung in ASCII-Dateien für späteres Einlesen in die Datenbank, FZD: stoffliche Schwerpunkte As und Fe^{III})

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Projektmanagement

- Projektstarttreffen in Freiberg und Baden/CH
- Pflege und Aktualisierung der Intranet-Seite zur internen Dokumentation, Kommunikation, Archivierung

AP2: Qualitätsmanagement und Dokumentation

- Abgestimmter Entwurf der verbindlichen Richtlinien zu: Datenbewertung und -klassifizierung, technische Grundlagen der Datenbank

AP3: Datenmanagement: Datenbank, Filter, Parameterdateien

- Erstellung einer Datenbankstruktur (gemeinsam mit GRS)

AP4: Datenbasis für Schwermetalle und Arsen

- Fortführung der Literaturrecherche

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1:

- Pflege und Erweiterung der Intranetseite, Überführung der Intranetseiten in die THEREDA-Internetpräsenz (mit Anmeldung)

AP2:

- Abgestimmter Entwurf der Nomenklatur von Reaktionen, Temperatur- und Druckfunktionen

AP4:

- Zusammenstellung der Daten zur Komplexchemie des Arsen und des Eisen(III)

5. Berichte, Veröffentlichungen

Gemeinsam mit Projektpartnern:

W. Voigt, V. Brendler, K. Marsh, R. Rarey, H. Wanner, M. Gaune-Escard, P. Cloke, Th. Vercouter, E. Bastrakov, S. Hagemann: Quality assurance in thermodynamic databases for performance assessment studies in waste disposal. *Pure Appl. Chem.* **79** (2007): 883-894.

S. Wilhelm: THEREDA – Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis gestartet. GMit, Nr. 27, März 2007, S. 21-22

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Bergakademie Freiberg, Akademiestr. 6, 09599 Freiberg		Förderkennzeichen: 02 C 1446
Vorhabensbezeichnung: Verbundvorhaben THEREDA: Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis - Teilvorhaben TU BAF		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2006 bis 30.06.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 99.646,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Voigt	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Verbundprojektes mit der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln und dem FZ Rossendorf ist die Entwicklung einer einheitlichen, umfassenden und konsistenten thermodynamischen Referenzdatenbasis zur geochemischen Modellierung von Nah- und Fernfeldprozessen für die derzeit in Deutschland diskutierten oder bereits realisierten Wirtsformationen untertägiger Entsorgungseinrichtungen. Hierzu bilden die beteiligten Projektpartner einen Kreis von Experten, der vorhandene thermodynamische Stoffgrößen sammelt, nach einheitlich vorher festgesetzten Kriterien bewertet und in einer Datenbank zusammenfasst. Besonderer Wert wird auf eine lückenlose Dokumentation und Rückverfolgbarkeit von Datenbankeinträgen gelegt. Es ist vorgesehen, den bereits in anderen Datenbanken vorhandenen Datenbestand zu integrieren. Die Datenbank hilft bei der Identifikation von Wissenslücken und beim Entwurf von Strategien zu deren Schließung.

Im weiteren Verlauf des Vorhabens werden Werkzeuge zur Verfügung gestellt, um automatisiert anwendungsspezifische Parameterdateien aus der Datenbank zu generieren. Die Parameterdateien werden über das Internet der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Damit wird auch eine nützliche Informations-Rückkopplung an die Bereitsteller der Datenbank ermöglicht.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Projektmanagement: Berichtswesen, Treffen mit Projektpartnern, Intranet

AP2: Qualitätsmanagement und Dokumentation

(Definition von Richtlinien, Testrechnungen mit vom DB-Generator entwickelten Parameterdateien, Konsistenzprüfungen, Nutzerhandbuch)

AP3: Datenmanagement: Datenbank, Filter, Parameterdateien

(Erstellung und Weiterentwicklung der Datenbankstruktur, Sicherstellung eines Archivierungsmodus, Interface zur Datenrecherche und -verarbeitung)

AP4: Datenbasis für Schwermetalle und Arsen (FZ Dresden-Rossendorf, GRS Braunschweig)

AP5: Datenbasis für das System der ozeanischen Salze (TU BAF)

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1/AP2: Projektmanagement und Datenverarbeitung

- Teilnahme am Projekttreffen in Basel am 14./15.5.2007
- Erstellung von PDF-Files mit Ergebnissen für Intra- und Internet zur Dokumentation der Datenqualität für die Öffentlichkeit

AP5: Datenbasis für System der ozeanischen Salze

- Weiterführung Literaturlaufarbeit zu neuen Daten des ozeanischen Systems
- Erstellung verbesserter Parametersätze für das Pitzermodell für die Systeme NaCl-KCl-MgCl₂-H₂O, Na₂SO₄-K₂SO₄-MgSO₄-H₂O bis 110 °C
- Einarbeitung neuer, eigener Löslichkeitsdaten im System K₂SO₄-MgSO₄-H₂O bei 45 °C
- Durchführung der Vergleichsrechnungen für alle Subsysteme des hexären Systems Na⁺, K⁺, Mg⁺⁺ / Cl⁻, SO₄⁻ // H₂O der ozeanischen Salze von 273 – 373 K

4. Geplante Weiterarbeiten

AP2: Qualitätsmanagement

- Mitarbeit am Entwurf der verbindlichen Richtlinien zu: Datenbewertung und -klassifizierung, Nomenklatur von Reaktionen, Temperatur- und Druckfunktionen

AP3: Datenmanagement

- Erstellung eines Filters für die Anwendung der Datenbasis in CHEMSAGE/ChemApp / FACTSAGE

AP5: Datenbasis für System der ozeanischen Salze

- Einbeziehung kalorischer Daten in die Beschreibung der MgSO₄-haltigen Systeme
- Bearbeitung der CaSO₄-haltigen Systeme
- Abschluss der Parameterisierung des hexären Systems der ozeanischen Salze bis 07/2007
- Beginn mit der Erweiterung des Systems um H⁺ und OH⁻

5. Berichte, Veröffentlichungen

W. VOIGT, V. BRENDLER, K. MARSH, R. RAREY, H. WANNER, M. GAUNESCARD, P. CLOKE, TH. VERCOUTER, E. BASTRAKOV, S. HAGEMANN :

“QUALITY ASSURANCE IN THERMODYNAMIC DATABASES FOR PERFORMANCE ASSESSMENT STUDIES IN WASTE DISPOSAL”

(erschieden in “Pure and Applied Chemistry” 79(2007), 883-894)

Zuwendungsempfänger: Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung e.V. an der Universität Leipzig, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 C 1456
Vorhabensbezeichnung: Bestimmung der Änderung des räumlichen und zeitlichen Ausbreitungsverhaltens von chemotoxischen Schwermetallen nach Wechselwirkung mit Natural Organic Matter (NOM) in geologischen Formationen von Untertagedeponien		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2006 bis 30.09.2009	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 466.693,00 EUR	Projektleiter: Dr. Mansel	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Hauptziele dieses Projektes sind eine Erweiterung und Absicherung der thermodynamischen Datenbasis sowie eine kinetische Beschreibung des Verteilungsverhaltens von chemotoxischen Schwermetallen, verursacht durch die Wechselwirkung mit dem Heteroatom Schwefel des NOM. Daher sind Untertagedeponie-relevante georadiochemische Untersuchungen, unter Nahfeldbedingungen im räumlichen und zeitlichen Ausbreitungsverhalten des ternären Systems: chemotoxische Schwermetalle / NOM / Geomatrix im Rahmen des Projektvorhabens durchzuführen. Diese sollen unter den naturnahen Bedingungen der potentiellen Wirtsgesteine realisiert werden. Mit Hilfe von ICP-OES, ICP-MS und CHNOS-Analytik wird das aus nativen Substanzen extrahierte NOM hinsichtlich seiner Haupt- und Nebenbestandteile charakterisiert. Mit Hilfe der Radiotracer-technik kann der sehr niedrige Konzentrationsbereich der Schwermetalle untersucht werden. Durch Radiomarkierung des NOM (^{14}C , $^{125/131}\text{I}$, ^{77}Br) einerseits und der Schwermetalle (^{59}Fe , ^{64}Cu , ^{65}Zn , $^{115\text{m}}\text{Cd}$, $^{203/212}\text{Pb}$, ^{203}Hg) andererseits werden Speziationsuntersuchungen in den drei binären Systemen (M+NOM, M+Geomaterial, NOM+Geomaterial) und dem ternären (M+NOM+Geomaterial) System unter naturnahen Bedingungen durchgeführt. Aus den natürlichen Lagerstätten bildenden Vorgängen soll ein Rückschluss auf das räumliche und zeitliche Rückhaltevermögen für toxische Schwermetalle im Wirtsgestein gezogen werden. Unter Verwendung von XANES und EXAFS sollen die Oxidationszustände des im NOM gebundenen Schwefels und Eisens bestimmt werden. Der Oxidationszustand des Schwefels hat einen wesentlichen Einfluss auf das Komplexierungsverhalten von NOM gegenüber Schwermetallen, bezogen auf die „starken Bindungsstellen“ des NOM. Das Redoxverhalten zwischen Eisen(II, III) und NOM hat einen wesentlichen Einfluss auf das Sorptions- und Migrationsverhalten des mit Schwermetallen beladenen NOM. Die erhaltenen Sorptions- und Komplexierungsdaten chemotoxischer Schwermetalle sollen in die Datenbank ISDA zur Modellerweiterung / Modellzusammenführung integriert werden. Für die Relevanz von Sicherheitsbewertungen sind diese Modelle hinsichtlich Thermodynamik und Kinetik zu aktualisieren bzw. zu erneuern.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Synthese und Reinigung von kommerziell nicht erhältlichen Radioisotopen für die Traceranalytik in geochemisch relevanten Flüssig/Fest-Phasensystemen
- Extraktion, Charakterisierung und Radiomarkierung von NOM

- Ad- / Desorptionsstudien von chemotoxischen Schwermetallen an verschiedenen Geomaterialien mittels Radioisotopen unter naturnahen Bedingungen
- Zeitabhängige Verteilungsmessungen (Ad- / Desorption) von chemotoxischen Schwermetallspezies des NOM an Geomaterialien (Granit, Sand, Kaolinit)
- Komplexierungsstudien von chemotoxischen Schwermetallen mit NOM unter Verwendung von Radioisotopen und unter naturnahen Bedingungen
- Speziation von chemotoxischen Schwermetallen im ternären System Schwermetall / NOM / Geomaterialien mit der Methode der radioaktiven Mehrfachmarkierung
- Speziation der Oxidationszustände des im NOM gebundenen Schwefels (XANES) und Bestimmung der Art der Bindung von chemotoxischen Schwermetallen; Speziation der Redoxzustände des im NOM gebundenen Eisens (II, III) (EXAFS)
- Abschließende Auswertung, Dokumentation und Schlussberichterstellung.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Extraktion, Reinigung und Charakterisierung von NOM-Spezies (CHNOS)
- Präparation von Fe-NOM-Spezies und Vermessung dieser mittels UV-Vis und EXAFS
- pH-abhängige Säulenexperimente mit [¹⁴C]Huminsäure an Granit und Kaolin/Sand

4. Geplante Weiterarbeiten

- Radionuklidherstellung an der Universität Mainz
- Verwendung von ⁶⁴Cu und ⁶⁵Zn für Verteilungsmessungen im binären System Schwermetall/Geomatrix
- Komplexierungsstudien mit ⁵⁹Fe und NOM (Ionenaustausch, Elektrophorese)

5. Berichte, Veröffentlichungen

M. A. Kim, P. J. Panak, D. C. Breban, A. Priemyshev, J. I. Yun, A. Mansel, J. I. Kim: „Interaction of actinides(III) with aluminosilicate colloids Part IV. Influence of Humic Acid.” *Colloids Surf. A* 296 (2007) 206-215.

A. Mansel, H. Kupsch: „Radiolabelling of humic substances with ¹⁴C by azo coupling [¹⁴C]phenyldiazonium ions.” *Appl. Radiat. Isot* 65 (2007) 793-797.

A. Mansel: „Migration von Actiniden im System Ton, Huminstoff, Aquifer.“, Actinidenverbund, Potsdam, 02.-03.04.2007.

H. Lippold: „Migration von Actiniden im System Ton, Huminstoff, Aquifer.“, Actinidenverbund, Potsdam, 02.-03.04.2007.

H. Lippold, N. D. M. Evans, P. Warwick, H. Kupsch: „Competitive effect of iron(III) on metal complexation by humic substances: Characterisation of ageing processes.” *Chemosphere* 67 (2007) 1050-1056.

A. Mansel, H. Kupsch: „Georadiochemische Untersuchungen zur Rückhaltung und Mobilisierung von chemotoxischen Schwermetallspezies durch Natural Organic Matter.“ Abschlussbericht, Förderkennzeichen. 02 C 0932 (BMBF, PTKA-WTE), März 2007.

U. Gottschalch, M. Birke, H. Lippold, H.-J. Stärk, H. Kupsch: „Characterization of urban NOM in a municipal area with disused toxic waste sites.” *Appl. Geochem*, accepted (2007).

Zuwendungsempfänger: Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Konrad-Wachsmann-Allee 1, 03046 Cottbus		Förderkennzeichen: 02 C 1466
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 1 (BTU): Hydrogeologie und Geochemie des Gesamtsystems		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2006 bis 30.06.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.217.647,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Voigt	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des TV1 ist die Erkundung der Lösungsdynamik im und am Salzsattel durch eine kombinierte geohydraulische und geochemische Analyse des Gesamtsystems und seiner Teilsysteme (unverfestigtes und verfestigtes Deckgebirge, Salinargebirge, Grubenbaue) unter Nutzung moderner Untersuchungs- und Modellierungswerkzeuge. Das TV1 wird in enger Zusammenarbeit mit den anderen Teilvorhaben des Verbundes durchgeführt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Geohydraulische Analyse und Entwicklung eines hydrogeologischen Modells

AP1.1: Erkundung durch Flachbohrungen

AP1.1.1: Konzeption der Bohrungen

AP1.1.2: Ausschreibung und Vergabeverfahren der Bohrungen

AP1.1.3: Kontrolle der Bohrarbeiten und begleitende Tests

AP1.1.4: Auswertung der Bohrerkundung

AP1.2: Monitoring und Spezialuntersuchungen zur Analyse von Strömungsvorgängen und Austauschprozessen

AP1.2.1: Konzeption, Erweiterung und Auswertung des Monitoring zur GW-Beschaffenheit und GW-Dynamik

AP1.2.2: Orts- und zeitaufgelöstes Monitoring der Grundwasserdynamik im Deckgebirge durch Sohldruckmessungen

AP1.3: Überführung des geologischen Modells und des Hohlraummodells in ein hydrogeologisches Strukturmodell

AP2: Geochemische Analyse und Modellierung der Lösungsvorgänge

AP2.1: Typisierung und Charakterisierung der Lösungen anhand ihrer hydrochemischen Beschaffenheit und ihres Lösungspotentials

AP2.2: Geochemische Modellierung der Lösungsvorgänge ausgewählter Szenarien/Reaktionssysteme

AP2.3: Räumliche Analyse der lösungsanfälligen Bereiche im hydrogeologischen Modell

AP3: Zusammenfassende Bewertung der Dynamik und Austauschprozesse im Gesamtsystem unter Berücksichtigung geochemischer und hydraulischer Modellierung

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Mitarbeit an der Konzeption und Abstimmung des Bohrprogramms der BGR; u. a. für den Einbau der Milieusonden,
- Konzeption und Abstimmung des Flachbohrprogramms der BTU unter geologischen und geohydraulischen Aspekten mit den Projektpartnern IHU, BGR und WASY, im Ergebnis wurden 17 Zielstandorte mit Ausweichstandorten festgelegt,
- Für einige Bohransatzpunkte sind Voruntersuchungen auf vermutete und vorhandene Kontaminationen notwendig (Auflage des Umweltamtes LK Aschersleben-Staßfurt), im Ergebnis erfolgte die Beauftragung an eine Firma, die die Untersuchung auf Kontaminationen derzeit bearbeitet,
- Ausschreibung und Vergabeverfahren der Flachbohrungen, im Ergebnis haben sich 25 Firmen um die Ausschreibungsunterlagen beworben,
- Recherche und Aufbereitung der Daten für eine vorläufige Modellgeometrie in Zusammenarbeit mit der WASY,
- Zuarbeit zu den 2D-Prinzipmodellierungen für die WASY,
- Konzeption und Planung der ersten Messkampagne des Monitorings zur GW-Beschaffenheit,
- Durchführung von Auffüllversuchen und erste Abschätzungen zu den Durchlässigkeitseigenschaften gemeinsam mit der IHU und WASY,
- Recherche und Parametrisierung von speziellen Drucksonden für das hochsalinare Milieu, im Ergebnis wird derzeit dazu von einer Firma ein Prototyp angefertigt,
- Konstruktion, Bau und Erprobung mehrerer Prototypen einer universell und flexibel einsetzbaren Einhängvorrichtung für Drucksonden speziell in Messstellen mit geringem Durchmesser,
- Planung der 1. Messkampagne zum orts- und zeitaufgelösten Monitoring der Grundwasserdynamik im Deckgebirge durch Sohldruckmessungen (Abstimmung mit IHU und WASY); Beginn des 1. Messkampagne am 12.07.2007,
- Voruntersuchung für eine Kampagne zur Abschätzung der Ex- und Infiltrationsvorgänge in der Bode (Untersuchung von Leitfähigkeits- und Salzgehaltsverteilung).

4. Geplante Weiterarbeiten

- Auswertung der eingegangenen Angebote zur Ausschreibung mit anschließender Vertragsgestaltung und Auftragserteilung,
- Kontrolle der Bohrarbeiten und begleitende Tests,
- Präsentation des Projektes auf der IAH in Lissabon,
- Auswertung der ersten Messkampagne des Monitorings zur GW-Beschaffenheit mit Plausibilitätsprüfung,
- Typisierung und Charakterisierung der Lösungen anhand ihrer hydrochemischen Beschaffenheit und ihres Lösungspotentials,
- Konzeption und Realisierung der nächsten Messkampagne des Monitorings zur GW-Beschaffenheit im Oktober,
- Überführung des geologischen Modells und des Hohlraummodells in ein hydrogeologisches Strukturmodell.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Bohn, A., Herrmann, F., Jahnke, Ch., Walter, N. u. Voigt, H.-J. (2007): Hydrogeochemical and hydrodynamic processes in post-mining landscapes of the potash mining area Nordharz – Analysis of active leaching and subsidence processes. - Paper im Tagungsband der IAH (International Association of Hydrogeologists), Congress IAH XXXV, September 2007 in Lissabon, in Vorbereitung.

Zuwendungsempfänger: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Stilleweg 2, 30655 Hannover		Förderkennzeichen: 02 C 1476
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 2 (BGR): Geophysikalische Untersuchungen, Seismische Erkundung, Geologisches 3D-Modell, Bohrungen, Server-Datenbank, Koordination des Gesamtvorhabens		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2006 bis 30.06.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.028.893,00 EUR	Projektleiter: Gerardi	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Teilvorhaben (TV) 2 wird ein digitales Höhenmodell und ein geologisches 3-D Modell der Salzstruktur und des Deckgebirges zusammen mit den tektonischen Strukturen und den Grubenhohlräumen für Staßfurt erstellt. Ungeklärte geologische und hydrogeologische Sachverhalte werden durch Bohrungen untersucht. Die Ergebnisse werden mit einer Datenbank verfügbar gemacht.

Mittels airborne Laserscanner- und magnetischen Messungen werden tektonische Strukturen des Arbeitsgebietes abgebildet. Die Bodengeophysik präzisiert die gefundenen Strukturen. An Messstellen in Flachbohrungen erfolgen Langzeitgrundwasserüberwachungen. Die gewonnenen Daten dienen der hydraulischen Modellierung im TV1. Durch das seismologische Langzeit-Monitoring sollen Bruchereignisse identifiziert und geortet werden, um so das Hohlraummodell und die Standsicherheitsprognose (TV3) verifizieren zu können.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geophysik

- Laser Scanning/Multispektralaufnahmen
- Hubschraubergeophysik
- Hochauflösende Bodengeophysik
- Hohlschneckenbohrungen mit dem BGR-Bohrgerät
- Grundwasser Langzeit-Monitoring in Flachbohrungen
- Temperaturmessungen in Bohrungen
- Seismisches Monitoring

Geologische 3D- und Hohlraummodellierung

- Erstellung eines geologischen 3D-Modells und eines 3D-Hohlraummodells.

Server-Datenbank und Koordination des Gesamtprojekts

- Erstellung einer Server-Datenbank als Fachinformationssystem für das Projekt. In einem Workflow erfolgt die Proben- und Bohrkernverwaltung sowie die bildliche (Scanner) und textliche Bohrkerndokumentation.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP Aerogeophysik: Das ca. 300 km² große Untersuchungsgebiet wurde zwischen dem 6.6.2007 und dem 4.7.2007 mit insgesamt ca. 3250 km Messprofil bei einem Linienabstand von 300 m abgedeckt. Es liegen 2 Kartensätze vor, die die scheinbaren spezifischen Widerstände und Schwerpunkttiefen zu den jeweiligen Messfrequenzen abbilden. Sie dienen bereits der weiteren Planung.

AP Bodengeophysik / Grundwasser Monitoring: Durchführung von 13 Kartierungsbohrungen (max. 68 m tief) in inner- und außerstädtischen Gebieten zur Klärung der Quartärmächtigkeiten. 5 Bohrungen wurden in Absprache mit der BTU Cottbus zu voll verfilterten Grundwassermessstellen ausgebaut.

AP Laserscanbefliegung: Mit der Durchführung hoch aufgelöster Laser-Höhenmessungen und Ortho-Luftbildaufnahmen für ein ca. 50 km² großes Gebiet begannen die Arbeiten zur Analyse der Höhenänderungen.

AP Seismisches Monitoring: Nach erfolgter Standortauswahl in Zusammenarbeit mit dem LAGB Sachsen-Anhalt und der K-UTEC Sondershausen konnten plangemäß 5 Seismometerstationen für das seismologische Langzeitmonitoring im Senkungsgebiet eingerichtet werden. Seismische Ereignisse aus dem Senkungsgebiet waren nicht zu verzeichnen.

Geologische 3D- und Hohlraummodellierung: Mit der Sichtung, Analyse und Aufbereitung des übergebenen umfangreichen Ausgangsdatenmaterials begannen die Modellarbeiten. Es folgten die Konsistenz- und Plausibilitätsprüfung der Ausgangsdaten, Aussortieren fehlerbehafteter Bohrungsdatensätze und der Datenimport in „openGEO“. Die Erarbeitung eines 3D-Modells des Grubengebäudes Berlepsch/ v. Maybach wurde weit vorangetrieben. Auf Basis der in den Datenbanken von IHU und LAGB enthaltenen Bohrungen wurde mit der Konstruktion einer Quartärbasiskarte für das Untersuchungsgebiet begonnen.

Server-Datenbank und Koordination des Gesamtprojekts: Der Bohrkernscanner und Datenbank wurde bei den LAGB-Bohrungen B und G1 erfolgreich eingesetzt. Die Datenbank wurde gemäß den Erfordernissen verbessert. Ein internetfähiges Recherchemodul wurde konzipiert und für den Testbetrieb umgesetzt. Im Rahmen der Koordination wurde das Projekt in Präsentationen und im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vertreten.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP Aerogeophysik: Für Ende September 2007 sind weitere Messungen eingeplant, um weitere Profile zur Datenverdichtung und somit der Erhöhung der Auflösung bei 100 m Linienabstand zu befliegen.

AP Bodengeophysik / Grundwasser Monitoring und AP Laserscanbefliegung: Die Interpretation der Laserhöhenmessungen und das bodengeophysikalische Follow-up zur Klärung hydrogeologisch relevanter Erkenntnisse aus der Hubschrauberelektromagnetik sowie die Erkundung von Erdfällen werden fortgesetzt. Die Grundwassermilieumessungen in ausgebauten Messstellen werden teilweise auch als Langzeitmonitoring betrieben. Das Teufen von Kartierungs- und Hohl-schneckenbohrungen wird wie die Vorbereitung von Grundwassermessstellen für das Monitoring parallel zum Bau von Monitoringsonden und der Weiterentwicklung elektromagnetischer Durchstrahlungs-sonden weiter geführt.

AP Seismisches Monitoring: Planmäßig wird der Betrieb der Messstationen und die Datenanalyse zur Überwachung der seismischen Aktivität im Hauptsenkungsgebiet in Staßfurt fortgeführt. Für eine Seismometerstation wird ein neuer Standort gesucht. Mit einem weiteren Datenerfassungssystem wird zusätzlich zur existierenden getriggerten Aufzeichnung eine neue kontinuierliche Registrierung getestet. Die Softwareentwicklung dient der Übertragung getriggerteter Datensegmente des lokalen Überwachungsnetzes in die EDV der BGR. Ein verbessertes Geschwindigkeitsmodell auf Basis der reflexionsseismischen Messungen (TV9) soll in die Auswertesoftware integriert werden.

Geologische 3D- und Hohlraummodellierung: Die Arbeiten an dem 3D-Modell der Grubenanlage Berlepsch-Maybach werden fortgesetzt. Auf dieser Grundlage und unter Verwendung von noch zu revidierenden Bohrungen wird das geologische 3D-Modell konstruiert. Auf den Erfahrungen aus dem Modell Berlepsch-Maybach aufbauend, wird mit digitalen Risswerken sowie alten und neuen Bohrungen die Entwicklung eines 3D-Modells für die Schachtanlagen von der Heydt – von Manteuffel auf der SW-Flanke der Salzstruktur erfolgen. Parallel wird die Entwicklung von Schnittstellen zu den Modellierungen der Projektpartner vorangetrieben.

Server-Datenbank und Koordination des Gesamtprojekts: Plangemäß werden die Ausgabefunktionalitäten der Datenbank erstellt und die gewünschten Schnittstellen zum Datentransfer programmiert. Ferner werden die Datenzugriffsmöglichkeiten über das Internet auf die alten und neuen Bohrungen sowie die Teilergebnisse der Projektpartner geschaffen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

BREITFELDER, G.; DRESBACH, C.; HAMMER, J. & BEHLAU, J. (2007): 3D-Modell des Staßfurter Sattels. Poster zur Evaluierung der BGR durch den Wissenschaftsrat, Mai 2007, Hannover.

GERARDI, J. (2007): Das Forschungsverbundvorhaben „Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes“ – Ein Überblick - Vortrag, 4. Fachgespräch Geophysik & Barriersysteme, IGG Leipzig.

GERARDI, J. (2007): Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes. Vortrag zur Evaluierung der BGR durch den Wissenschaftsrat, Mai 2007, Hannover.

GERARDI, J. (2007): Präsentation der aktuellen Arbeiten anlässlich eines vom Rat der Partnerstädte Lehrte und Staßfurt einberufenen Altbergbau-Symposiums in Staßfurt am 05.07.2007 (Vortrag).

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Clausthal, Adolph-Roemer-Str. 2 a, 38678 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 C 1486
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 3 (TUC): Geomechanische Modellierung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2006 bis 30.06.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 327.815,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Lux	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Entwicklung von Modellierungsansätzen für die numerische Simulation bruchhafter Deformationen und der ablaufenden geomechanischen Prozesse zur Prognose der Oberflächenentwicklung über abgesoffenen oder gefluteten Salzbergwerken.

- a) Entwicklung eines Instrumentariums, mit dem die Ursachen für die Entstehung von Tagesbrüchen quantifiziert und prognostiziert werden können. Anhand von Laboruntersuchungen soll eine Einschätzung des mechanischen Materialverhaltens der in situ anstehenden Gesteine unter besonderer Berücksichtigung der für die Initialisierung rupturer Deformationsprozesse mit der potentiellen Folge von Tagesbrüchen ursächlichen Mechanismen erfolgen.
- b) Entwicklung von Modellierungsansätzen für die numerische Simulation bruchhafter Deformationen.
- c) Differenzierte rechnerische Simulation der ablaufenden geomechanischen Prozesse und exemplarische Prognose des Gebirgsverhaltens bei gekoppelter Berechnung bruchhafter und bruchfreier Deformationen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Literaturrecherche zu Tagesbruchmechanismen (Fallbeispiele / Modellierungsansätze).
- AP2: Herstellung von Lagerungsbehältern für Kernmaterial Salzton / Kalisalz.
- AP3: Felsmechanische Laborversuche / Ableitung von Grenzwerten und Randbedingungen für die Initialisierung bruchhafter Deformationen.
- AP4: Entwicklung von Modellierungsansätzen für die numerische Simulation bruchhafter Deformationen und Implementierung in FDM/FEM Software.
- AP5: Exemplarische Prognose des Gebirgstragverhaltens bei gekoppelter Berechnung bruchhafter und bruchfreier Deformationen.
- AP6: Analyse der Berechnungsergebnisse hinsichtlich der Möglichkeit zur Ableitung eines Bewertungsschemas für die Einschätzung der Tagesbruchwahrscheinlichkeit (beschränkt auf ja/nein, nicht aber wann) am Beispiel der Stadt Staßfurt in Verbindung mit den bergbaulich und hydrogeologisch orientierten Teilvorhaben.
- AP7: Schlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Konstruktion und Bau Probenlagerungsbehälter – abgeschlossen
- Probenahme Bohrungen Staßfurt G und B
- Prüfkörpervorbereitung und Durchführung von Triaxialversuchen
- Einarbeitung in vorhandene FDM-Software FLAC
- Reaktivierung bestehender 2D-Berechnungsmodelle für den Standort „Staßfurt“ inkl. Testläufe

4. Geplante Weiterarbeiten

- Laborversuche zum Spannungs-Verformungs-Verhalten der anstehenden Gesteine
- Generierung 3D-Modell

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Kali-Umweltechnik GmbH vorm. Kaliforschungsinstitut, Am Petersenschacht 7, 99706 Sondershausen		Förderkennzeichen: 02 C 1496
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 4 (K-UTEK): Grundlagen für Geomodellierung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2006 bis 30.06.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 386.032,00 EUR	Projektleiter: Bode	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Teilvorhaben 4 sind aktuelle geologisch – geotechnische Daten für den Referenzstandort Staßfurt zu ermitteln, zurückliegende Bergschadensentwicklungen zu rekonstruieren und induktiv Aussagen abzuleiten, die als Basisdaten für die vorgesehenen Modellerstellungen dienen. Die Bearbeitung und Ergebnisdarstellung der einzelnen Arbeitspakete sind mit den Teilvorhaben

- TV1 (BTU): Beitrag zur geochemischen Modellierung
- TV2 (BRG): Beitrag zur geologischen Modellierung bzw. Hohlraummodellierung
- TV3 (TUC): Beitrag zur geomechanischen Modellierung, Gefährdungsanalyse
- TV5 (IHU): Beitrag zur geologischen Modellierung
- TV6 (WASY): Beitrag zur geohydraulischen, hydrogeologischen Strukturmodellierung zu koordinieren.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Beistellung geologischer Informationen zur Salzstruktur einschließlich Rechercharbeiten
- AP2: Ableitung digitales Geländemodell aus Laserscan 1. Befliegung (Planung, Auswertung)
- AP3: Ableitung digitales Geländemodell aus Laserscan 2. Befliegung (Planung, Auswertung)
- AP4: Planungs- und Forschungsleistungen für Tiefbohrung des LAGB; Erweiterung Datenbasis für Geomodellierung
- AP5: Ingenieurtechnische Koordinierung und geowissenschaftliche Bearbeitung der im Verbundprojekt geplanten Tiefbohrungen
- AP6: Aufbau eines 3D-Hohlraummodells mit Darstellung der Hohlraumentwicklung
- AP7: Untersuchungen zur Lösekinetik an Salinargesteinen
- AP8: Zusammenstellung mechanischer Eigenschaften des deformierten und gefluteten Gebirges
- AP9: Ausweisung der durch Bruchvorgänge vorgeschädigten Gebirgsbereiche
- AP10: Darstellung von Ergebnissen des seismischen Monitorings mit der lokalen seismischen Station Staßfurt

AP11: Untersuchungen zur Einschätzung der Tagesbruchwahrscheinlichkeit

AP12: Validierung der Berechnungsergebnisse zu OT-Deformation mit Hilfe von In-situ-Messungen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Bearbeitung von Archivunterlagen zum Nachweis geologischen und bergmännischen Datenmaterials als Grundlage für die Erstellung eines entsprechenden Modells

AP2: Bearbeitung der Laserscan- und Luftbilddaten der 1. Befliegung des Untersuchungsgebietes am 18.02.2007 mit dem Ziel der Detektion und Charakterisierung von aktuellen Bergschadensräumen; Bereitstellung des DHM's für geophysikalische Untersuchungen

AP4: Bearbeitung der Befunde aus der Bohrkernanalyse, den bohrlochgeophysikalischen Untersuchungen und den geohydraulischen Tests für die Bohrungen B und G1 zur Interpretation der stratigrafischen und bergbaulichen Verhältnisse

AP6: Aufbereitung von Daten aus Grubenrissen und Profildarstellungen als Grundlage für die Hohlraummodellierung

AP7: Vorbereitende Untersuchungen zur Softwareadaption für lösungskinetische Spezialaufgaben; Mitarbeit bei der Interpretation von lösungsbeeinflussten Bohrkernmaterial

AP9: Interpretation historischer Luftbilder aus den Jahren 1945 und 1953 hinsichtlich identifizierbarer Bergschadensformen.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1: Fortführung der Datenrecherche zur Dokumentation der durch den Bergbau aufgeschlossenen geologischen Verhältnisse am Staßfurter Sattel; im Vordergrund stehen dabei die Daten von UT-Bohrungen

AP2: Vergleich des DHM-Datensatzes von 2007 mit den Datensätzen von 1997, 2000 und 2001 zur flächenhaften Ermittlung von Deformationsformen an der Tagesoberfläche

AP4: Aufbereitung und Bereitstellung von Bohrkern-, BLM- und hydraulischen Testdaten der Bohrung G1 für die geologische und Hohlraummodellierung

AP6: Recherche und Aufarbeitung von Schnitt- und Profildarstellungen für die Gruben am Staßfurter Sattel

AP7: Lösungskinetische Untersuchungen zur Unterstützung der Interpretation des in der Bohrung G1 aufgeschlossenen lösungsbeeinflussten Salinargesteins.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: IHU Geologie und Analytik Gesellschaft für Ingenieur- Hydro- und Umweltgeologie mbH, Dr.-Kurt-Schumacher-Str. 23, 39576 Stendal		Förderkennzeichen: 02 C 1506
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 5 (IHU): Erfassung, Bewertung und Darstellung der Strukturgeologie und Hydrochemie		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2006 bis 30.06.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 397.238,00 EUR	Projektleiter: Dr. Stahl	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Ziel des geplanten Vorhabens ist die Entwicklung eines interdisziplinären Prognosemodells für urbane Räume über abgesoffenen oder gefluteten Salzbergwerken mit bergschadensbedingten Veränderungen im Deckgebirgsstockwerk als Grundlage für ein ökologisch begründetes nachhaltiges Gestaltungs- und Flächennutzungskonzept. Diese methodischen Forschungsarbeiten mit überregionalem Anwendungsbezug sollen exemplarisch am Standort Staßfurt bearbeitet werden.

Die Aufgabenschwerpunkte des Teilvorhabens TV5 liegen in der Erfassung, Bewertung und Darstellung der Struktur- und Hydrogeologie. Dazu werden die vorhandenen Altdaten aufbereitet und mit den im Verbundvorhaben neu gewonnenen Informationen z. B. aus Bohrungen, gebirgsmechanischen Untersuchungen, geophysikalischen Messungen oder hydrochemischen Analysen zusammengeführt. Diese Daten werden in einem dreidimensionalen strukturgeologischen Modell zusammengefasst und für in die geohydraulischen Modellierung der Dynamik des Untersuchungsgebiet überführt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Teilvorhaben 5 - Erfassung, Bewertung und Darstellung der Strukturgeologie und Hydrochemie gliedert sich in die folgenden Arbeitspakete:

- AP1: Geologisches Modell
- AP2: Erweiterung der Datenbasis durch Bohrungen und geophysikalische Messungen
- AP3: Hydrogeologische Analyse von Strömungsvorgängen und Austauschprozessen
- AP4: Erstellen der Abschlussdokumentation

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Schwerpunkte der bisherigen Arbeiten lagen in den Arbeitspaketen 1, 2 und 3. Mit Projektbeginn wurden die vorliegenden geologischen und hydrogeologischen Altdaten zusammengestellt, geprüft und aufbereitet, um sie dann den Projektpartnern zur Verfügung zu stellen. Der Datenbestand wurde und wird durch Recherchen laufend ergänzt und erweitert.

Im Rahmen von AP2 erfolgte geologische Fachbegleitung, Schichtenaufnahme und Dokumentation der 12 Hohlschneckenbohrungen des Geozentrums Hannover (TV2). Das Scannen der Bohrkerne erfolgte zusammen mit dem Projektpartner der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz (TV7). Die Breitstellung des Probenmaterials aus Bohrungen wurde für alle Projektpartner koordiniert.

Innerhalb der Bearbeitung des AP3 wurde das Monitoringprogramm der Flachpegel mit den Projektpartnern abgestimmt. Im April 2007 erfolgte die erste Monitoringkampagne von ausgewählten Altmessstellen im Untersuchungsgebiet. Es wurden 15 Grundwassermessstellen beprobt und jeweils bezüglich 17 verschiedener chemisch-analytischer Parameter untersucht. Zusätzlich wurde Probenmaterial für Untersuchungen bei Projektpartnern gewonnen.

Im Rahmen dieser Arbeiten erfolgten mehrere Konsultationen mit den Projektpartnern der BTU, der BGR, der K-UTEC sowie der WASY GmbH. Am 21.06.2007 erfolgte in Stendal eine Arbeitsberatung zur Einführung in das Programmsystem OpenGeo und seine Anwendung bei der 3D-Modellierung des geologischen Aufbaus und der untertägigen Hohlräume im Staßfurter Sattel.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten im Teilvorhaben werden wie geplant fortgeführt. Die Schwerpunkte sind, wie im zurückliegenden Berichtszeitraum, die Arbeitspakete 1, 2 und 3: „Zuarbeit und Mitwirkung bei der Erstellung des geologischen 3D-Modells“, „Erweiterung der Datenbasis durch Bohrungen und geophysikalische Messungen“ sowie „Hydrogeologische Analyse von Strömungsvorgängen und Austauschprozessen“. Die gewonnenen Daten der Geologie, Hydrogeologie und Hydrochemie werden erfasst, geprüft, aufbereitet und den Partner zur Verfügung gestellt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: WASY Gesellschaft für Wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung mbH, Waltersdorfer Str. 105, 12526 Berlin		Förderkennzeichen: 02 C 1516
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 6 (WASY): Strömungs- und Transportmodellierung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2006 bis 30.06.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 220.307,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Diersch	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Forschungsvorhaben zielt auf die Modellierung der Strömungs- und Salzwassertransportprozesse orientiert in einer mehrstufigen Vorgehensweise auf den Aufbau eines regionalen dreidimensionalen Strömungs- und Salzwassertransportmodells mit notwendiger Detailliertheit zur Simulation entsprechender Prozesse in aufgelassenen Salzbergwerken und ihrer Deckgebirge. Die Arbeitsziele bei der Strömungs- und Stofftransportsimulation sind (1) die Modellierung der dichtegekoppelten Strömungs- und Salzwassertransportprozesse in repräsentativen Strukturen (Ursache-Wirkungs-Studium) und im Gesamtsystem (Quali- und Quantifizierung des Salzaustrages und -migration) des Untergrundes im Untersuchungsgebiet der Stadt Staßfurt, (2) eine begleitende Modellunterstützung von Erkundungsmaßnahmen (Standortauswahl, physikalisch basierte Interpretation und Validierung von Beobachtungen und Messungen) und (3) die Durchführung von Szenarienanalysen zur Abschätzung und Prognose der Entwicklung der Auslaugungsprozesse.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

TA1: Prinzipstudien zu Strömungs- und Transportprozessen an Profilschnitten

- Analyse des geologischen und hydrogeologischen Datenbestandes
- Einbau von Wechselwirkungsprozesse zwischen Salinar und zirkulierenden Lösungen in das Simulationssystem FEFLOW
- Feststellung der Sensitivität der Parameter und Randbedingungen, die für die standortspezifische Modellierung von Bedeutung sind
- Erarbeitung eines besseres Verständnisses der Strömungsphänomene und Wechselwirkungsprozesse im Untergrund des Standortes Staßfurt

TA2: Aufbau von Finite-Element-Modellen für 2D- und 3D-Schematisierungen

- Untersuchung der numerischen Anforderungen betreffs Genauigkeit, Robustheit und Stabilität
- Entwicklung und Erprobung von Vernetzungen mit unterschiedlicher Feinheit und Detailliertheit
- Festlegung und Begründung geeigneter Modellgebietsgrenzen und Randbedingungen

TA3: Simulationen von Strömungs- und Transportprozessen an ausgewählten Modellszenarien

- Herausarbeiten der prinzipiellen Mechanismen und Abhängigkeiten, die für die Strömungszirkulation und Laugungsprozesse maßgeblich sind
- Entwicklung eines 3D-Modells, in dem die Erfahrungen und Kenntnisse aus den vorangegangenen Prinzipuntersuchungen Berücksichtigung finden

TA4: Vergleich von Modellierungsergebnissen mit In-situ-Befunden

- Überprüfung der hydrogeologischen, hydrodynamischen und hydrochemischen Modellvorstellungen anhand der numerischen Modellierung und der Feldversuche
- Vergleich der Hypothesen für die maßgebenden hydraulischen und geochemischen Abhängigkeiten für den Standort mit In-situ-Befunden
- Prognose der Strömungs- und Salzwassertransportprozesse

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Arbeiten konzentrierten sich auf drei Schwerpunkte: (1) Zusammenarbeit mit der BTU Cottbus betreffend Vorbereitung Prinzipmodellierung, Mitarbeit Bohrprogramm der BTU und Maßnahmen zur Datenauswertung und –übernahme, (2) Adaption der 3D-GIS-Datenschnittstelle in FEFLOW für die projektspezifischen Belange sowie (3) Sichtung und Prüfung der Methodik und des gegenwärtigen 3D-Datenbestandes in OpenGeo.

(1) Die Zusammenarbeit mit der BTU Cottbus verläuft planmäßig und erfolgreich:

- Planung und Abstimmung zur 1. Kampagne *Orts- und zeitaufgelöstes Monitoring der Grundwasserdynamik im Deckgebirge durch Sohldruckmessungen*.
 - Die Sohldruckmessungen sollen einer ersten Kalibrierung der Prinzipmodelle dienen;
 - Vorbereitungen der 2D-Prinzipmodellierungen *Wechselwirkung Bode und ‚hydrodynamisch ungestörter‘ känozoischer Grundwasserleiter im Osten der Stadt Staßfurt*;
 - Vorbereitung der 2D-Prinzipmodellierungen *Wechselwirkung Bode und ‚hydrodynamisch gestörter‘ känozoischer Grundwasserleiter im Bereich der dezentralen Wasserhebung im Zentrum der Stadt Staßfurt*;
 - In Abstimmung mit dem TV1 Auswahl geeigneter Grundwassermessstellen für die Sohldruckmessungen im Stadtgebiet;
 - Analyse der gemessenen Abflüsse in der Bode im Abflussjahr 2005;
 - Recherche und Aufbereitung der Daten für eine vorläufige Modellgeometrie in Zusammenarbeit mit dem TV1;
- Mitarbeit bei der Planung des Bohrprogramms des TV1 hinsichtlich der noch zu errichtenden (geplanten) Grundwassermessstellen, die für eine Modellierung der Hydrodynamik an der Südwest-Flanke des Staßfurt-Egelner Sattels im Bereich der Stadt Staßfurt essentiell notwendige Stützstellen darstellen.
- Gemeinsame Auswertung der im TV1 durchgeführten Auffüllversuche.

(2) In FEFLOW wurde das 3D-Shape-Format, welches eine vollständige Abbildung dreidimensionaler Objekte und Daten ermöglicht, implementiert und adaptiert. Die Schnittstelle umfasst einen grafischen Datenselektor, mit dem alle Attribute des GIS-basierten ESRI-Shape-Formates interaktiv und optional zugewiesen werden kann. Damit werden 2D- und 3D-Shape-Daten in FEFLOW vollständig unterstützt. Es steht damit als Datenschnittstelle für OpenGeo und alternativ für GoCAD zur Verfügung.

(3) Es erfolgt eine Kenntnisnahme des 3D-Datenbestandes unter OpenGeo, der sich in der gegenwärtigen Aufbauphase befindet. Das dortige ESRI-Datenaustauschformat beschränkt sich gegenwärtig auf 2D-Shapes, wobei Höheninformationen als Attribute behandelt werden können. Ein vollständiges 3D-Shape-Format erweist sich als eine wünschenswerte Weiterentwicklung in OpenGeo. Informationen zu OpenGeo und zum bislang gepflegten Datenbestand von Staßfurt sind zu verbessern, damit für die geplanten Grundwassermodellierungen möglichst frühzeitig ein Datenzugang gegeben ist. Ein zentraler, von den Projektteilnehmern über Web zugänglicher Datenserver wäre erstrebenswert und würde den notwendigen, TV-übergreifenden Datenaustausch effizienter und transparenter gestalten.

4. Geplante Weiterarbeiten

Basierend auf den Ergebnissen der Kampagne *Orts- und zeitaufgelöstes Monitoring der Grundwasserdynamik im Deckgebirge durch Sohldruckmessungen* werden im 2. Halbjahr 2007 die ersten Prinzipmodelle zur Dynamik im känozoischen Grundwasserleiter entstehen. Die Auffüllversuche und erste Abschätzungen zu den Durchlässigkeitseigenschaften, die von der BTU gemeinsam mit der IHU ausgewertet bzw. vorgenommen worden sind, sollen durch Modellrechnungen gestützt werden.

Der Aufbau des hydrogeologischen Modells für den Standort Staßfurt ist weiterzuführen und mit OpenGeo, GoCAD und FEFLOW abzugleichen. Die Daten umfassen Topografie, Geologie, Hydrologie, Hohlraumssystem sowie die relevanten bohr- und profilspezifische Daten.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Saarstr. 21, 55122 Mainz		Förderkennzeichen: 02 C 1526
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 7 (JoGU): Bestimmung der durchflusswirksamen Porosität		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2006 bis 30.06.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 254.420,00 EUR	Projektleiter: Dr. Enzmann	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Dieses Vorhaben ist Teil des Arbeitspaketes zur zerstörungsfreien Strukturanalyse repräsentativer Bohrkernproben, das sich in vier Aufgaben gliedert: (1.) Computertomographie der Bohrkernproben an der BAM Berlin, (2.) dreidimensionale Visualisierung der inneren Struktur der Bohrkernproben aus den CT-Daten, (3.) Simulation von Fluidmigration in den durch CT ermittelten real-dreidimensionalen Porenraumstrukturen mit Hilfe des Simulationsprogramms „PoreFlow“, sowie (4.) der Validierung der Modellsimulationen mit Hilfe von orts- und zeitauflösenden Radiotracerexperimenten (PET-Tomogramme des TV8: IIF Leipzig). Ziel ist die strukturelle Untersuchung der durchflusswirksamen Klüftigkeit auf der Skala des Porenraums (μm -cm) in repräsentativen Bohrkernproben aus den Tiefbohrungen. Die Auswertung der aus den Strukturdaten animierten Fluidmigration soll zur Verbesserung durch kleinskaligen Präzisierung der Eingangsparameter als Input für die geochemischen Lösungssimulationen (TV1: BTU) und großskalig-hydrogeologischen Grundwassertransportmodelle (TV6: WASY) führen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Durchführung der CT Experimente an Bohrkernproben
- AP1.1: Bereitstellung der Bohrkernproben in Absprache mit den beteiligten Projektpartnern
- AP1.2: Scannen aller Bohrkernproben mit dem DMT-Corescanner und Datenintegration in Datenbank Saltcorebase (Diplomarbeit M. Janz)
- AP1.3: Durchführung der CT Experimente und Optimierung der Messverfahren und räumlichen Auflösung (FuE mit BAM)
- AP1.4: Übergabe der Proben an das IIF für die PET Experimente
- AP1.5: Unterstützung bei bohrlochgeophysikalischen Messungen
- AP2: Auswertung der CT Daten
- AP2.1: 3D Visualisierung der Datensätze
- AP2.2: Abgleich mit Corescanner-Daten und Integration und Dokumentation in Saltcorebase
- AP2.3: Generierungen von Simulationsdatensätzen aus der Datenbasis
- AP2.4: Durchführung von Fluid- und Tracermigrationssimulationen und Dokumentation der Ergebnisse

AP2.5: Verifikation und Abgleich der Simulationsergebnisse mit den PET-Experimenten und Dokumentation in Saltcorebase

AP2.6: Präzisierungen von Input-Parametern für die Auslaugungs- und Transportmodelle der beteiligten Projektpartner

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1 (1.1 und 1.2):

Die Bohrkerne der Bohrungen Staßfurt B1 und G1 sind im Rahmen der Diplomarbeit von Herrn M. Janz mit dem DMT CoreScan II des BGR erfasst und größtenteils in die Datenbank Saltcorebase integriert wurden. Die Arbeit an der Bohrung ermöglichte die enge Zusammenarbeit mit den Geologen vor Ort und unterstützte die geologische Aufnahme sowie die bohrlochgeophysikalischen Messungen (AP1.5). Durch die Arbeiten am Corescanner konnten einige Schwächen in der Handhabung und in der Software (Bugs) aufgedeckt und einer weiteren Bearbeitung (Bugliste an die DMT) zur Verbesserung in Mängelbeseitigung zugeführt werden. Für die weiteren Untersuchungen im TV7 und TV8 wurden aus den relevanten Formationen Bohrkernproben entnommen und das weitere Vorgehen (Koordination CT und PET Probenpräparation und Versuche, AP1.4) mit dem Projektpartner IIF abgestimmt und entsprechend verfahren.

AP1 (1.3):

Mit der BAM wurde der geplante FuE Kooperationsvertrag geschlossen. Im Rahmen dieses Vertrages wird derzeit das XCT-Verfahren für diese Bohrkerne seitens der BAM in enger Absprache mit TV7 optimiert und angewendet. Vorläufige Ergebnisse einer Probe sind vorhanden und werden entsprechend ausgewertet (Beginn AP2, 2.1).

Im Vorgriff auf AP2 wird durch eine seit Beginn 2007 intensivierte Kooperation mit dem Institut für Informatik der Universität Mainz (Prof. E. Schömer), 2 Diplomarbeiten im Kontext des Projektes durchgeführt. Eine Arbeit beschäftigt sich mit der Rekonstruktion und Zusammenlegung der PET mit dem CT Daten sowie CT Datenrekonstruktion (AP2.5) und eine weitere Diplomarbeit optimiert das Simulationstool „PoreFlow“ (AP2.4) für Simulation der Prozesse parallelisiert in großen Datenstrukturen in 4D.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die weiteren Arbeitspakete werden trotz der Verzögerungen durch den verspäteten Start der Bohrungen und der technischen Probleme bei der Bohrkerngewinnung und der Scannerhandhabung wie geplant weitergeführt. Der Schwerpunkt liegt hier auf dem AP1.3 und dem AP2.1 sowie der Koordination mit dem IIF (AP1.4).

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung e.V. an der Universität Leipzig, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 C 1536
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 8 (IIF): Tomographische Radiotraceruntersuchungen und Fluoreszenztraceruntersuchungen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2006 bis 30.06.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 173.362,00 EUR	Projektleiter: Dr. Kulenkampff	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit tomographischen Radiotracerverfahren (PET) werden an Bohrkernen aus verschiedenen Gesteinsformationen des Staßfurter Gebietes lokale Transport- und Lösungsprozesse untersucht und in Verbindung mit den an der JGU Mainz (TV7) durchgeführten CT-Messungen Daten zur Modellierung dieser Prozesse ermittelt. Die zu untersuchenden Bohrkern- und Lösungszusammensetzungen werden in Absprache mit den Verbundpartnern (BTU Cottbus, TV1; TU Clausthal, TV3; K-UTECH Sondershausen, TV4; IHU Stendahl, TV5) ausgewählt. Die zu erwartenden Ergebnisse erweitern das Prozessverständnis und die Datenbasis für die geochemische und geohydrologische Modellierung. In Kooperation mit den Verbundpartnern werden die wissenschaftlichen Grundlagen für die entsprechenden Modelle erweitert und damit die Genauigkeit der Modellansätze erhöht. Eine Übertragung auf die Feldskala wird mit Hilfe von Fluoreszenztraceruntersuchungen in Zusammenarbeit mit der BTU Cottbus (TV1) unternommen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Entwicklung und Test geeigneter PET-Tracer
- AP2: Beschaffung und Inbetriebnahme eines Animal-PET
- AP3: Probenahme und Anpassung der Injektionsmethodik
- AP4: PET-Untersuchung des Fluidtransports an Proben aus dem Deckgestein
- AP5: PET-Untersuchung der Transport- und Löseprozesse an Proben aus der Lagerstätte
- AP6: PET-Untersuchung nach geomechanischer Belastung
- AP7: Bestimmung der räumlichen Verteilung der Transport- und Kinetikparameter
- AP8: Fluoreszenztraceruntersuchungen
- AP9: Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP2: Das neue MiniPET wurde in der Grundausbaustufe in Betrieb genommen. Tests an Modellkörpern (Phantomen) zeigen, dass die gewünschte Auflösung von ca. 1 mm erreicht werden kann. Erste Messungen an Gesteinsproben verliefen ebenfalls erfolgreich. Die Messapparatur wird derzeit weiter erprobt und für die Untersuchungen an Bohrkernen angepasst.

Ungünstig erscheint der Teilausbau in Hinblick auf das Sichtfeld und die Effektivität: Für die Untersuchung von Bohrkernen mit 10 cm Durchmesser muss der deutlich ineffektivere (d. h. mindestens vierfache Messzeit oder Aktivität), große Detektorabstand eingestellt werden, um die Kerne vollständig abzubilden. Deshalb wird die Einwerbung weiterer Fördermittel für den Vollausbau angestrebt.

AP3: Gemeinsam mit JGUM wurden Proben genommen, die zur Zeit bei der BAM mit Röntgentomographie (XCT) untersucht werden. Da nun auch bei den PET-Messungen eine hohe Auflösung erreicht werden kann, werden nun zur exakten Anpassung der Kernpositionen geeignete PET/XCT-Marker beschafft.

Geeignete Einbettungsmethoden (Kunstharz in Plexiglasröhre) für die Kerne werden derzeit erprobt. Der Aufwand für die Einbettung der Bohrkernkerne erweist sich aufgrund ihres Zustandes als relativ groß.

Die Meilensteine zu AP1-3 (Probennahme, PET-Tracer, PET-Gerät) konnten trotz Verzögerung in der Anfangsphase annähernd fristgerecht bewältigt werden.

4. Geplante Weiterarbeiten

Im Verlaufe des Sommers werden Kerne aus dem Deckgebirge präpariert und erste PET-Untersuchungen, zunächst mit dem kurzlebigen ^{18}F , vorgenommen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Beitrag auf der EGU-Tagung in Wien:

J. Kulenkampff, M. Richter, M. Gründig, A. Seese: Observation of transport processes in soils and rocks with Positron Emission Tomography. Geophysical Research Abstracts, Vol. 9, 2754, 2007

Zuwendungsempfänger: Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA), Stilleweg 2, 30655 Hannover		Förderkennzeichen: 02 C 1546
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 9 (GGA-S1): Deckgebirgseigenschaften über einem bergbaubedingt destabilisiertem Untergrund, abgeleitet aus seismischen Beobachtungen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2006 bis 30.06.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 265.635,00 EUR	Projektleiter: Dr. Polom	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Zielsetzung des TV9 ist die gebirgsmechanische Analyse und Bewertung des Tragverhaltens des Gebirges über und in den abgesoffenen und z. T. verbrochenen Grubenbauen sowie Ursachenforschung zur Hydrodynamik im oberflächennahen und tieferen Grundwasserstockwerk mit ihren vielfältigen Wechselwirkungen und Lösungsvorgängen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Erfassung der realen physikalischen Strukturierung der Formation und ihrer internen elastomechanischen Eigenschaften mittels eines 2D-seismischen Profilnetzes unter kombinierter Verwendung von P- und S-Raumwellen und Überführung in das geologische Modell. Einbindung dieses Profilnetzes in die punktuell vorliegenden Informationen aus Flach- und Tiefbohrungen (BTU Cottbus) zur schlüssigen Verknüpfung und Extrapolation in die Fläche. Anschließende Verschneidung mit anderen Flächen- bzw. Rauminformationen aus der Aerogeophysik, Geoelektrik, Elektromagnetik und dem seismologischen Monitoring (alle BGR). Zur Teufenkalibrierung der seismischen Oberflächenmessungen und zur Verifizierung anderer bohrlochgeophysikalischer Daten (K-UTEK) werden zusätzlich vertikalseismische Profile (VSP) unter Verwendung einer digitalen 3K-Geophonsonde und vibrationsseismischer P- und S-Quellen in den Tiefbohrungen sowie in ausgewählten Flachbohrungen durchgeführt.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Januar 2007 wurden in Kombination mit dem bohrungsbegleitenden bohrlochgeophysikalischen Programm des GGA-Instituts bohrlochseismische VSP-Messungen in der Bohrung B mittels P- und S-Wellen im Teufenbereich von 80-195 m durchgeführt. Ein seitens der Bohrungsbetreuung geäußertes, wünschenswertes Ziel mit der versuchsweisen Vorauserkundung von bergmännischen Hohlräumen vor der Bohrung wurde exemplarisch erprobt. Hier konnte allerdings aufgrund von erheblichen Störgeräuschen, die vermutlich durch Mikrobeben im Bohrloch verursacht worden waren, kein zufriedenstellendes Ergebnis erzielt werden.

Zum 5.3. konnte zeitgleich mit dem Beginn der ersten seismischen Messkampagne vom 5.-16.3.2007 der im Rahmen des Teilprojekts vorgesehene Sachbearbeiter, Herr Thomas Leder, eingestellt werden. Herr Leder hat den Abschluss Dipl.-Geophysiker an der Universität Bremen erworben und konnte im Rahmen seiner Diplomarbeit schon erste Erfahrungen in der seismischen Datenbearbeitung sammeln. Im Rahmen dieser ersten Messkampagne wurden 9 bevorzugt im Bereich der Innenstadt von Staßfurt angelegte seismische Profile vermessen. Die Profillängen variieren zwischen 150 und 1500 m, kumulativ konnten im Rahmen dieser Kampagne 5148 Profilmeter vermessen werden. Für die Messarbeiten

wurden 6 Mitarbeiter und 5 Fahrzeuge (+ 2 Anhänger) des GGA-Instituts eingesetzt. Das Profil Mühlengraben wurde mit S-Wellen als auch mit P-Wellen vermessen, um einen exemplarischen Vergleich in den Aussagen herstellen zu können und die Ableitung elastomechanischer Parameter zu ermöglichen. Das P-Wellenprofil liegt in einer ersten Rohversion bearbeitet im Zeitbereich vor. Die übrigen Profile wurden zunächst einer intensiven Qualitätskontrolle unterzogen und den Daten die mittels GPS und terrestrischer Geodäsie eingemessene Messgeometrie zugeordnet. Parallel zu diesen Arbeiten erfolgte die Planung der 2. Messkampagne sowie die Ausschreibungsverfahren für die vom Projektträger durch kurzfristige Mittelumschichtung bewilligte Erweiterung des seismischen Messequipments für die Stadtmessungen.

Im Mai 2007 erfolgte das VSP-Messprogramm in der Bohrung G1 im Teufenbereich 30-187 m, das aus logistischen Gründen im Zusammenhang mit der Einbringung technischer Rohrtouren in zwei Messabschnitten durchgeführt werden musste. Auch bei dieser Bohrung wurde im Rahmen der VSP-Messarbeiten die versuchsweise Vorerkundung von bergmännischen Hohlräumen vor der Bohrung erprobt. Allerdings konnte auch hier kein zufrieden stellendes Ergebnis erzielt werden.

In der zweiten zweiwöchigen Messkampagne von 25.06.-3.7.07 wurde auf Wunsch der Projektleitung ein besonderes Augenmerk auf das aktuelle Senkungsgeschehen in Rathmannsdorf (plötzlicher Erdfall am 17.3.2007 mit 10 m Durchmesser im Bereich der Wohnbebauung) gelegt. Weiterhin wurden Messungen im Stadtgebiet Staßfurt zur Detektion vermuteter Störungen sowie im Bereich der Bohrungen G1 und G4, im Bereich älterer Senkungsgeschehen und im Bereich bergbaubedingter Hohlräume im Umfeld der ehemaligen Schachtanlagen Ludwig 1&2 durchgeführt. Darüber hinaus konnte im Bereich Neustaßfurt eine im übrigen Stadtgebiet nahezu unmögliche, vollständige Querung der Salzstockstruktur realisiert werden. Im Rahmen dieser zweiten Messkampagne wurden 11 Profile zwischen 200 m und 1300 m vermessen, kumulativ 5924 Profilmeter. Dabei wurden 5 Fahrzeuge (+ 2 Anhänger) und 6 Mitarbeiter des GGA-Instituts eingesetzt.

Die im Rahmen der ursprünglichen Projektplanung angestrebten ca. 8 km 2D-seismischen Erkundungsprofile aus 3 Messkampagnen konnten mit zusammenfassend 11072 Profilmeter im Rahmen von 2 Messkampagnen übererfüllt werden. Dies ist im Wesentlichen auf sukzessive Optimierungen der Messlogistik, die Auswahl der Messlokationen und die hohe Motivation der eingesetzten Mitarbeiter zurückzuführen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die im Rahmen der in 2007 durchgeführten Messkampagnen gewonnenen Daten müssen zunächst einer intensiven Datenaufbereitung zugeführt werden. Da damit speziell auch unter dem Aspekt der Aufgabenstellung und der hohen gesellschaftlichen Relevanz in Teilbereichen wissenschaftliches Neuland betreten wird, kann diese Bearbeitung nicht wie herkömmliche seismische Standardbearbeitungen durchgeführt werden, sondern bedarf einer detaillierten, intensiven Evaluierung der Resultate sowie einem intensiven Abgleich mit den Ergebnissen der anderen Projektpartner. Dies wurde auch schon bei der Antragstellung berücksichtigt und ist auch im Arbeitsplan ersichtlich.

Da im Rahmen der zwei durchgeführten Messkampagnen ob des Umfangs und aus logistischen Gründen noch nicht alle bislang von den Projektpartnern favorisierten und auch messtechnisch durchführbaren Messlokationen untersucht werden konnten, ist noch eine weitere Messkampagne zur Abdeckung dieser Lokationen wünschenswert. Reisemittel dafür sind in 2007 aufgrund von Einsparungen z. T. noch verfügbar, allerdings kann diese Kampagne aufgrund anderweitiger Auslastungen des Personals wohl nicht vor Oktober 2007 in Angriff genommen werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA), Stilleweg 2, 30655 Hannover		Förderkennzeichen: 02 C 1556
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 10 (GGA-S3): Isotopenhydrologische Untersuchungen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2006 bis 30.06.2010	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 253.554,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Frechen	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Teilvorhabens TV10 ist die isotopenhydrologische Charakterisierung der Grundwässer zum Nachweis von hydraulischen Verbindungen und dem Zu- und Abflussverhalten der Wasserreservoirs der gefluteten Salzbergwerke.

- Isotopenhydrologische Untersuchung der untertägigen Wässer sowie des Vorfluters im Bereich der Stadt Staßfurt
- Quantifizierung von Mischungen zwischen Wässern und Salzlösungen unterschiedlicher Herkunft
- Rekonstruktion lokaler Wasserfließsysteme
- Interpretation der hydrodynamischen Zusammenhänge als Ergebnis des multidisziplinären Gesamtkonzeptes der Arbeitsgruppe

Die Auswahl geeigneter Bohrungen, Pegel und Wasserbrunnen für die Beprobung im Untersuchungsgebiet findet in enger Abstimmung mit den Projektpartnern, insbesondere BTU Cottbus (TV1), K-UTEC (TV4) und IHU Stendal (TV5) statt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das TV10 umfasst folgendes Arbeitsprogramm:

- Pflege des Datenbestandes inkl. Datenrecherche und Erweiterung des Altdatenbestandes
- Isotopenhydrologische Probennahme vor Ort aus den Tiefbohrungen und aus den Flachpegeln
- Isotopenhydrologische Messanalytik im Labor. Untersuchung der stabilen Isotope, Tritium, Tritium/³Helium, ¹⁴C Datierung, FCKW und SF₆.
- Dateninterpretation:
 - Bestimmung der Alterstruktur der salinaren Wässer und damit der Verweilzeiten und des Zu- und Abstroms.
 - Rekonstruktion der lokalen Wasserfließsysteme bzw. der hydrodynamischen Verhältnisse.
 - Beurteilung der Migration von Wasser und Lösungen, mit denen ein weiterer Lösungsangriff innerhalb der Flutungsräume verbunden sein kann
- Publikation der Ergebnisse auf Tagungen und in einschlägigen Fachzeitschriften.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Am 1. April erfolgte die Einstellung der wissenschaftlichen Projektmitarbeiterin Dr. Susanne Stadler. Es erfolgte eine eingehende Literaturrecherche hinsichtlich Methodik und hydrogeologischer Charakterisierung des Untersuchungsstandortes, gefolgt von der Erstellung einer Literaturdatenbank. Weiterhin fand eine detaillierte Vorbereitung der Geländeeinsätze und der Analytik der Wasserproben statt. Nach Abstimmung mit dem Projektpartner BTU Cottbus in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro IHU Geologie und

Analytik Stendal wurde im April 2007 eine flächenhafte Probenahme an 19 Grundwassermessstellen in Staßfurt durchgeführt. Die entnommenen Grundwasserproben werden derzeit auf die folgenden Parameter analysiert:

- ^2H , ^{18}O , ^{14}C (GGA Hannover)
- ^3H , $^3\text{He}/^4\text{He}$, $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$ (Universität Bremen)
- FCKW/SF₆ (Spurenstofflabor Oster, Wachenheim)

Außerdem wurden in vier Teufen an der vom LAGB Sachsen-Anhalt durchgeführten Tiefbohrung G1 Wasserproben entnommen, die derzeit auch auf die oben aufgelisteten Parameter untersucht werden. Weitere Beprobungen an der genannten Bohrung dauern noch an. Ziel ist zunächst eine Charakterisierung der verschiedenen Grundwasserkomponenten aus den einzelnen Grundwasserstockwerken, um im späteren Verlauf des Projektes die Grundwasserbewegung und Mischungsprozesse zu identifizieren.

Im GGA Labor ist der Aufbau der Vakuum-Destillationsapparatur für die quantitative Destillation von hochsalinaren Proben erfolgt, die zur Analytik der stabilen Isotope ^2H und ^{18}O am Massenspektrometer bestimmt sind. Derzeit werden verschiedene Destillationsschritte an Reinstwasser sowie salinaren Lösungen durchgeführt. In diesem Rahmen wird derzeit eine Bachelorarbeit durch Hrn. Maik Blättermann (Institut für Geographische Wissenschaften, FU Berlin) durchgeführt, die voraussichtlich bis zum September 2007 fertig gestellt sein wird. Ziel der Untersuchungen ist eine systematische Identifizierung der wichtigsten Einflussgrößen (Temperatur, Salzgehalte, spezifische Salzzusammensetzung) auf die Destillationsausbeute und Reproduzierbarkeit der Isotopenverhältnisse anhand synthetischer und natürlicher Wasserproben. Untersuchte Temperaturbereiche umfassen derzeit 20 bis 400 °C. Temperaturintervalle wurden anhand der Freisetzbarkeit von Hydraten aus verschiedenen Salzen festgelegt (z. B. $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$: 117°C, $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$: 150 °C), da eine Festlegung dieser Salze, und damit ein Fehlen im Destillat, zu einer Verschiebung des Isotopensignals von ^2H und ^{18}O und somit zu einer Verfälschung des Messwertes führen würde. Für die Überprüfung der quantitativen Ausbeutemaxima wurden zunächst Untersuchungen mit Reinstwasser (spezifische elektrische Leitfähigkeit < 0.05 µS/cm) durchgeführt. Die Ausbeute stieg mit zunehmender Temperatur linear an. Beim derzeit maximal apparativ möglichen Temperaturbereich von 400 °C wurde eine Ausbeute von 90.2 % bei 25 Minuten Destillationszeit erreicht, in weiteren Schritten wird die Temperatur in weiteren 100 °C Intervallen erhöht. Stark salzhaltige Wässer (spezifische elektrische Leitfähigkeit bis ca. 200 mS/cm) führen derzeit noch zu geringeren Ausbeuten. Die Erfassung und Auswertung der Isotopenverhältnisse in Abhängigkeit von Temperatur, Destillationsdauer und Salzzusammensetzung dauert derzeit noch an.

4. Geplante Weiterarbeiten

Fortlaufende Probennahme in Abhängigkeit vom Bohrfortschritt der Tiefbohrung G1 sowie der darauf folgenden Tiefbohrung. Beprobung einzelner grundwasserführender Horizonte der weiteren Tiefbohrungen abhängig vom Bohrbeginn. Planung und Durchführung weiterer Beprobungskampagnen an bestehenden und im Bau befindlichen Flachbohrungen. Hierbei wird in enger Zusammenarbeit mit der BTU Cottbus und IHU Stendal verfahren.

Messung der bereits entnommen Wasserproben im GGA-Labor (stabile Isotope und ^{14}C -Datierung) sowie weitere Vergabe von Analytikaufträgen (Tritium und FCKW/SF₆) der zu einem späteren Zeitpunkt in 2007 zu entnehmenden Wasserproben. Weitere Optimierung der Vakuumdestillationsanlage zur Behandlung von hochsalinaren Wässern für Analytik der stabilen Isotope ^2H und ^{18}O . Ein Focus hierbei wird auf der Erhöhung der Temperaturbeständigkeit der Anlage liegen (Einbau von Quarzglasanteilen im Hochtemperaturbereich, Einbau eines höher heizbaren Röhrenofens), um damit die Testserien auf Temperaturbereiche bis ca. 800 °C auszuweiten, und mögliche weitere Störeffekte (z. B. Veränderung des pH-Wertes etc.) zu identifizieren und zu bewerten.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Clausthal, Adolph-Roemer-Str. 2 a, 38678 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 C 1566
Vorhabensbezeichnung: Grundlagenuntersuchungen zur Unterdrückung der Auflockerungszone in Strecken des Salinar		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2006 bis 31.03.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 31.03.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 31.970,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Langefeld	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Gesamtziel des Vorhabens ist die Zusammenstellung und Bewertung der Möglichkeiten der Reduzierung oder Verhinderung der Entstehung einer Auflockerungszone infolge von Streckenauffahrung im Salinar. Es soll eine umfangreiche Literaturstudie durchgeführt werden, die den Stand der Technik der schonenden Streckenauffahrung darstellt und die verwendeten Verfahren zur Bestimmung der Auflockerungszone und deren Reichweite ins Gebirge charakterisiert. Parallel soll Kontakt zu anderen Forschungsstellen bzw. Industriefirmen aufgenommen und deren Erfahrungen und Kenntnisse entsprechend verarbeitet werden. Im Anschluss soll eine Bewertung der Übertragbarkeit und Nutzungsmöglichkeit dieser Ergebnisse auf den Bereich der Forschung zum Thema Verschlussbauwerke für Endlager im Salinar vorgenommen werden.

In den bestehenden Konzeptionen zur Erstellung von Verschlussbauwerken für atomare Endlager sind die Umläufigkeiten um das Bauwerk durch das anstehende Wirtsgestein als problematisch anzusehen. Dieses Vorhaben soll einen Beitrag zu den Möglichkeiten der Eindämmung oder Verhinderung einer Auflockerungszone liefern.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Literaturrecherche zu aktuellen Verfahren zur Erkundung und Charakterisierung der Auflockerungszone im Salinar
2. Zusammenstellung verschiedener Verfahren zur Eindämmung und Verhinderung der Auflockerungszone
3. Bewertung der Übertragungsmöglichkeiten auf die Randbedingungen für ein Endlager oder eine Deponie im Salinar

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im vergangenen Berichtszeitraum wurde die Datenrecherche weitergeführt und es wurden auf theoretischer Grundlage Überlegungen angestellt, welche der im gewerblichen Bergbau praktizierten Ausbauarten geeignet sind, die Entstehung einer Auflockerungszone um Strecken des Salinars zu verhindern oder zu unterbinden. Darüber hinaus wurden Überlegungen angestellt, in wie fern die zu verwendenden Materialien in einem Endlager für radioaktive Abfälle eingesetzt werden können, da jegliche Maßnahmen zur Unterbindung der Auflockerungszone ad absurdum geführt werden, wenn der Stoß trotzdem nachgeschnitten werden muss, um einen korrekten Einbau eines Verschlussbauwerks vornehmen zu können. Da keine praktischen Erfahrungen zum Thema Ausbau und Auflockerungszone vorliegen wurde ein Versuchskonzept erstellt, das eine Verifikation der getroffenen Annahmen erlaubt. Des Weiteren wurde die Möglichkeit die erwarteten Effekte mit einer numerischen Modellierung zu simulieren evaluiert, so dass für den Fall einer Fortführung der Untersuchungen sowohl eine versuchsbasierte als auch eine rechnergestützte Untersuchung des Phänomens Auflockerungszone im Salinar und seine Unterbindung durch bergtechnischen Ausbau durchgeführt werden kann.

4. Geplante Weiterarbeiten

Das Vorhaben ist abgeschlossen. Ein Abschlussbericht wird erstellt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

2.3 W-Vorhaben

Zuwendungsempfänger: FZ-Jülich, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich		Förderkennzeichen: 02 W 6243
Vorhabensbezeichnung: Institutionelle und technologische Weiterentwicklung von internationalen Kernmaterialkontrollen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2003 bis 31.07.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 819.798,00 EUR	Projektleiter: Dr. Stein	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben baut auf den Ergebnissen der Vorhaben 02W6184 und 02W6218 auf und zielt ab auf Lösungsvorschläge zur Implementierung des Zusatzprotokolls, Entwicklung von anlagen- und brennstoffkreislaufspezifischen Kontrollmethoden sowie Weiterentwicklung von Safeguardstechniken und -methoden im Rahmen der Proliferationsresistenz.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Programmpunkte und Arbeitspakete sind:

- die Entwicklung von Prozeduren für die Durchführung von Complementary Access, Managed Access sowie Unannounced Inspections,
- die Erarbeitung qualitativer Kriterien zur Inspektionsplanung von IAEO und Euratom und zur Bewertung der Inspektionsergebnisse,
- die Erarbeitung von Vorschlägen zu zukünftigen Betreiberpflichten,
- die Zusammenarbeit mit ESARDA,
- die Entwicklung von Komponenten für Unattended Remote Monitoring and Measurement Systems,
- die Entwicklung von Methoden der Fernerkundung,
- die Bearbeitung von Fragen zur nuklearen Abrüstung,
- die Entwicklung von zerstörungsfreien Methoden zur Verifizierung abgebrannter Brennelemente in kraftwerksstandortnahen Zwischenlagern,
- die Erarbeitung von Kriterien zur Beendigung der Kontrollen,
- die Untersuchung und Bewertung geophysikalischer Methoden für die Überwachung der geologischen Endlagerung abgebrannter Brennelemente,
- die Definition von Kriterien zur Proliferationsresistenz und
- die Analyse von technischen, institutionellen und politischen Ansätzen zur Stärkung der Nichtverbreitung.

Die Arbeiten erfolgen im internationalen Kontext nach vorgegebenen Zeitplänen von BMWi, Euratom und IAEO, parallel laufend und unter Einbeziehung in internationale Diskussionen. Sie zielen auf die Bereitstellung von Arbeitspapieren, Techniken und Veröffentlichungen, den Bau von Geräten und die Übernahme der Ergebnisse durch BMWi, Euratom und IAEO.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Fernerkundung: Entwicklung und Anwendung eines automatisierten Interpretationsschlüssels für verschiedene Anlagen des nuklearen Brennstoffkreislaufs, wie Kernkraftwerke, Forschungsreaktoren oder Anreicherung.
- Geologische Endlagerung: Teilnahme am 3. ASTOR-Expertentreffen im Forschungszentrum Mol/B; Erarbeitung und Abstimmung von Definitionen für „Repository Site“ und „R. Facility“; Analyse des Potentials aktiver seismischer Methoden für Safeguards und Entwicklungsvorschlag.
- Standortlager: Bewertung von Safeguards-Techniken für die Standortlagerung abgebrannter Brennelemente.
- ESARDA: Sitzungsleitung der Working Group on Containment and Surveillance, Entwicklung von Performance Assessment, Diskussion über Wireless In-plant Data Transmission; Mitarbeit in Steering Committee und Editorial Committee; Fertigstellung eines Textbuches über Containment and Surveillance für die Nachwuchsförderung.
- Zusatzprotokoll: Unterstützung von BMWi und Betreibern bei ihren Deklarationspflichten, Beratung über Datenfernabfrage aus Nuklearanlagen, Bewertung von Safeguards in Europa.
- Managed Access: Expertise über die Implementierung von Managed Access in Deutschland.
- Unattended Systems: Diskussion und Abstimmung von Designänderungen bei der Entwicklung des Digital Unattended Multi-channel Analyser (DIUM); Abschluss der Design- und Beginn der Prototyp-Entwicklung für das IAEA Next Generation Surveillance System (NGSS).

4. Geplante Weiterarbeiten

Abschluss und Dokumentation aller Arbeiten.

5. Berichte, Veröffentlichungen

A. REZNICZEK, H.H. REMAGEN, B. RICHTER, G. STEIN, U. BLOHM-HIEBER, H. NACKAERTS; „Experiences in Preparing the Implementation of the Additional Protocol in Germany“, ESARDA Bull. 35, Dez. 2006, S. 29-35, erschienen 2007.

C.P. BEHRENS, H.H. REMAGEN, A. REZNICZEK, B. RICHTER, K. RUDOLF, G. STEIN, M. WEIS; „Safeguards for Spent Nuclear Fuel in Transfer from Wet Storage to Dry Storage in On-site Interim Storage Facilities“, Proc. IAEA Symposium on International Safeguards, Wien, Oktober 2006, erschienen auf CD-ROM 2007.

B. RICHTER; „The ESARDA Working Group on Containment and Surveillance – Activities and Achievements“, Proc. IAEA Symposium on International Safeguards, Wien, Oktober 2006, erschienen auf CD-ROM 2007.

B. RICHTER, M. APARO, S. LANGE, G. NEUMANN, M. STEIN; „The IAEA’s Next Generation Surveillance System (NGSS) – Considerations on the Hardware Design Concept“, Proc. IAEA Symposium on International Safeguards, Wien, Oktober 2006, erschienen auf CD-ROM 2007.

H.H. REMAGEN, A. REZNICZEK, B. RICHTER; „Experiences in Germany with the Implementation of the Additional Protocol“, Proc. IAEA Symposium on International Safeguards, Wien, Oktober 2006, erschienen auf CD-ROM 2007.

P.R. MARPU, S. NUSSBAUM, I. NIEMEYER; “Towards automation in object-based classification”, Proc. of the Fourth Conference on Image Information and Mining, ESA-EUSC 2006, 27.-28 November 2006, EUSC-Madrid.

S. NUSSBAUM, I. NIEMEYER; “Automated extraction of change information from multispectral satellite imagery”, ESARDA Bull., Juni 2007 (in Druck).

S. NUSSBAUM, M.J. CANTY, P.R. MARPU; “Image Analysis based on object features and invariant moments explified for nuclear verification”, Proc. 29th Symposium on Safeguards and Nuclear Material Management, Aix-en-Provence, 22–24 May 2007 (in Druck).

2.4 BMWi-Hausvorhaben

Zuwendungsempfänger: Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe, Wassertechnologie und Entsorgung (PTKA-WTE), Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen		Förderkennzeichen: KWA 2003
Vorhabensbezeichnung: Unterstützungsprogramm Alternative Wirtsgesteine		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2003 bis 31.12.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.222.760,00 EUR	Projektleiter: Dr. Hemberle	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das übergeordnete Ziel des Vorhabens ist die Koordinierung der Mitarbeit deutscher Wissenschaftler an den internationalen Forschungsprogrammen zu den alternativen Wirtsgesteinen Granit und Ton. Diese Mitarbeit dient in erster Linie der weiteren Vertiefung der Kenntnisse über die Mobilität und Ausbreitung von Radionukliden in der Umgebung eines Endlagers und der Verbesserung der Instrumentarien für die Charakterisierung des Endlager-Wirtsgesteins und für die Durchführung von Endlager-Sicherheitsanalysen. Zur Erreichung dieser Aufgabenstellung werden In-situ-Untersuchungen in den Untertagelabors, Laborversuche an den Standorten der beteiligten Institutionen und Modellentwicklungen und -rechnungen durchgeführt. Ein weiteres wesentliches Ziel ist die Mitarbeit in internationalen Arbeitsgruppen, die den Erfahrungsaustausch und die Kenntniserweiterung auch auf den an die o. g. Ziele angrenzenden Gebieten ermöglicht.

Die Arbeiten sind in die wissenschaftlichen Programme mit internationaler Beteiligung eingebunden, die in den Untertagelabors (URL) Felslabor Grimsel (CH), HRL Äspö (S), Mt. Terri (CH) und Bure (F) durchgeführt werden.

Die von BMWi geförderten Vorhaben werden von DBE TECHNOLOGY, FZD und GRS durchgeführt. Sie werden ausführlicher in den formalisierten Zwischenberichten in Kapitel 2.1 beschrieben. Die BGR und das FZK/INE beteiligen sich mit Projekten, die durch Haushaltsmittel bzw. Institutsmittel finanziert werden, an den Untersuchungen in den URL.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

FuE-Arbeiten zu Hartgesteinen/Granit im FL Grimsel und im HRL Äspö

(Vorhaben 02E9390, 02E9743, 02E9945, 02E9985, 02W10096, 02E10106, FZK/INE, BGR)

FuE-Arbeiten zu Ton und Tonstein in den URL Mt. Terri und Bure

(Vorhaben 02E9834, 02E9894, 02E9914, 02E10045, 02E10116, 02E10226, FZK/INE, BGR)

Schwerpunkt der Arbeiten sind In-situ- und Labor-Untersuchungen sowie Entwicklung numerischer Modelle, sowie Untersuchungen zu Migration, Transport und Rückhaltung von kolloidalen und gelösten Radionuklidspezies in den technischen und natürlichen Barrieren. Für die Bestimmung der Feuchtigkeitsausbreitung und die Charakterisierung des Gebirges in der Umgebung untertägiger Hohlräume werden experimentelle Methoden weiterentwickelt und erprobt.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Vorhaben sind eingebunden in internationale Projekte und werden zum Teil von der Europäischen Kommission im Rahmen des FP6 kofinanziert. Innerhalb der Vorhaben wurden Arbeiten mit Bezug zu folgenden Projekten ausgeführt:

Hartgestein/Granit

Felslabor Grimsel (NF-PRO (FEBEX)); HRL Äspö (Projekte: Prototype Repository, Task Force EBS, Temperature Buffer Test, Colloid, Microbe, LASGIT)

- Weiterentwicklung der Methoden zur Messung des Aufsättigungsverhaltens des technischen Barriere-Systems, des Porenwasserdrucks und der Temperaturen im Endlager-Nahbereich mit Hilfe geoelektrischer und faseroptischer Sensoren sowie quantitative Bestimmung der jeweiligen Parameter
- In-situ- und Labor-Untersuchungen zum Transport und zur Ausbreitung von Aktiniden im Gebirge, auch unter dem Einfluss von Kolloiden und Mikroben
- Numerische Modellierung und Laboruntersuchungen zum Aufsättigungsverhalten des Versatzmaterials

Tonstein

Bure (Teilnahme am Versuchsprogramm der ANDRA), Mont Terri (Heater Experiment, Ventilations-Test, SB-Experiment)

- Ermittlung relevanter, zur Beschreibung des Materialverhaltens erforderlicher Gesteinsparameter
- Entwicklung von Modellen zur Simulation von gekoppelten THM-Prozessen
- Weiterentwicklung der Methoden zur Messung der thermischen und hydraulischen Effekte auf das Wirtsgestein

Die Ergebnisse sind in den jeweiligen Vorhaben dokumentiert.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die in den Vorhaben vorgesehenen Untersuchungen sind aus den Berichten in Kapitel 2.1 zu ersehen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Siehe Berichte zu den einzelnen Vorhaben in Kapitel 2.1.

3 Verzeichnis der ausführenden Forschungsstellen

- | | |
|---|--|
| Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Fahrenbergplatz, 79098 Freiburg | |
| 02 E 10306 | Verbundvorhaben: Weiterentwicklung der Rechenprogramme d^3f und r^3t - Entwicklung effizienter Diskretisierungsverfahren für die zu entwickelnden numerischen Verfahren zur Datenanalyse 📖 118 |
| Bauhaus-Universität Weimar, Geschwister-Scholl-Straße 8, 99423 Weimar | |
| 02 C 1104 | Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Abschlussbauwerken: Thermo-Hydro-Mechanisch-Chemisch gekoppelte Systeme 📖 162 |
| 02 C 1224 | Verbundprojekt: Weiterentwicklung von Magnesiabindern von der Strömungsbarriere hin zu einem Verschlusselement im Salinar - Experimentelle Untersuchungen zur Struktur, dem Abbindeverhalten, der Kompressibilität und den volumetrischen Eigenschaften 📖 186 |
| Bergische Universität Wuppertal, Gaußstraße 20, 42119 Wuppertal | |
| 02 C 1084 | Verbundvorhaben „Entwicklung eines richtungssensitiven Georadar-Bohrlochmessverfahrens“, Teilvorhaben: Entwicklung eines aktiven richtungssensitiven Bohrlochantennensystems 📖 158 |
| Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Konrad-Wachsmann-Allee 1, 03046 Cottbus | |
| 02 C 1466 | Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 1 (BTU): Hydrologie und Geochemie des Gesamtsystems 📖 228 |
| Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Stilleweg 2, 30655 Hannover | |
| 02 C 1074 | Verbundvorhaben „Entwicklung eines richtungssensitiven Georadar-Bohrlochmessverfahrens“, Teilvorhaben: Weiterentwicklung der räumlichen Auswertung von richtungssensitiven EMR-Bohrlochmessdaten 📖 156 |
| 02 C 1476 | Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 2 (BGR): Geophysikalische Untersuchungen, Seismische Erkundung, Geologisches 3D-Modell, Bohrungen, Server-Datenbank, Koordination des Gesamtvorhabens 📖 230 |
| DBE TECHNOLOGY GmbH, Eschenstraße 55, 31224 Peine | |
| 02 E 9743 | Messtechnische und modelltheoretische Untersuchungen zum THM-Verhalten einer Bentonit-Barriere im Bereich des Phasenübergangs der Porenflüssigkeit unter Einsatz faseroptischer Technologie im Rahmen von Versuchen im URL Äspö 📖 18 |
| 02 E 9854 | Optimierung der Direkten Endlagerung durch Kokillienlagerung in Bohrlöchern, Machbarkeitsstudie und Entwurfs- und Konzeptplanung (DENKMAL, Phase 1) 📖 32 |
| 02 E 9965 | Untersuchung zur Wirksamkeit des geologischen und geotechnischen Barriersystems im Hinblick auf die Standortauswahl in magmatischen Gesteinen - WIBASTA 📖 52 |

- 02 E 10065 Überprüfung und Bewertung des bereits verfügbaren Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HLW - Kurztitel: ISIBEL  70
- 02 E 10086 Untersuchungen zur Auswirkung einer Temperaturerhöhung in Tonformationen in Deutschland im Hinblick auf die bautechnische Machbarkeit eines Endlagers und irreversible Veränderungen der potenziellen Wirtsfornation -TemTon-  74
- 02 E 10246 Verbundprojekt: Überprüfung und Kalibrierung eines THM-Modells zur Beschreibung des Langzeitverhaltens der Auflockerungszone im Steinsalz (MOLDAU)  106
- 02 E 10286 Referenzkonzept für ein Endlager für radioaktive Abfälle in Tongestein (ERATO)  114
- 02 E 10346 Entwicklung und Umsetzung von technischen Konzepten für tiefe geologische Endlager in allen Wirtsgesteinen (EUGENIA)  126
- 02 E 10407 Verbundprojekt: Chemisch-toxische Stoffe in einem Endlager für hochradioaktive Abfälle - Kurztitel: CHEMOTOX  138

DMT GmbH, Am Technologiepark 1, 45307 Essen

- 02 C 1094 Verbundvorhaben „Entwicklung eines richtungssensitiven Georadar-Bohrlochmessverfahrens“, Teilvorhaben: Entwicklung und Bau der Steuer- und Digitalisierungseinheit, der mechanischen Komponenten und der Datenerfassung  160
- 02 C 1154 Verbundprojekt: Integriertes Sorptions-Datenbanksystem für Wechselwirkungen chemisch-toxischer und radioaktiver Kontaminanten mit mineralischen Systemen in geologischen Formationen (ISDA-DMT)  172

Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Wilhelmstraße 7, 72074 Tübingen

- 02 C 1114 Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Abschlussbauwerken: Thermo-Hydro-Mechanisch-Chemisch gekoppelte Systeme  164
- 02 C 1295 Kopplung Numerischer Modelle für C:HM - Transportprozesse, Teilprojekt Uni Tübingen: Validierung Numerischer Modelle für geochemische Prozesse in geotechnischen Dichteelementen  200

EnviCon Dr. Veerhoff & Scherschel GbR, Staffelgasse 15, 53347 Alfter

- 02 C 1174 Verbundprojekt: Integriertes Sorptions-Datenbanksystem für Wechselwirkungen chemisch-toxischer und radioaktiver Kontaminanten mit mineralischen Systemen in geologischen Formationen (ISDA-EnviCon)  176

Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich

- 02 E 10357 Wechselwirkung mobilisierter Radionuklide mit sekundären Phasen in endlagerrelevanten Formationswässern  128
- 02 W 6243 Institutionelle und technologische Weiterentwicklung von internationalen Kernmaterialkontrollen  252

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

- | | | |
|------------|---|----|
| 02 E 10096 | Verbundprojekt: Kolloidgetragener Radionuklidtransport in geklüfteten Gesteinen, Kurztitel: Kollorado | 76 |
| 02 E 10126 | Verbundvorhaben THEREDA: Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis - Teilvorhaben FZ Karlsruhe | 82 |
| 02 E 10206 | Verbundvorhaben Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Einfluss von tonorganischen Substanzen auf die Rückhaltung von Actiniden in der Tonbarriere | 98 |

Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V. (FZD), Bautzner Landstraße 128 (B6), 01328 Dresden

- | | | |
|------------|---|-----|
| 02 C 1144 | Verbundprojekt: Integriertes Sorptions-Datenbanksystem für Wechselwirkungen chemisch-toxischer und radioaktiver Kontaminanten mit mineralischen Systemen in geologischen Formationen (ISDA-FZD) | 170 |
| 02 C 1436 | Verbundvorhaben THEREDA: Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis - Teilvorhaben FZD | 222 |
| 02 E 9985 | Mobilisierung von Actiniden durch mikrobiell produzierte Liganden unter Berücksichtigung der Endlagerung von radioaktivem Abfall | 56 |
| 02 E 10136 | Verbundvorhaben THEREDA: Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis - Teilvorhaben FZD | 84 |
| 02 E 10156 | Verbundvorhaben Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Charakterisierung und Quantifizierung des Einflusses von Tonorganika auf die Wechselwirkung von U und Am im Ton | 88 |

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (FhG), Hansastraße 27c, 80686 München

- | | | |
|-----------|---|-----|
| 02 C 1184 | Entwicklung eines Messsystems zur hochauflösenden zerstörungsfreien Erkundung von Gesteinsnahbereichen mittels Sonar | 178 |
| 02 C 1325 | Universelles integriertes geophysikalisches Mess- und Auswerteeinstrumentarium zur Charakterisierung von Problemzonen im Salinar – Sonarverfahren | 206 |

Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena

- | | | |
|------------|--|-----|
| 02 E 10316 | Verbundvorhaben: Weiterentwicklung der Rechenprogramme d^3f und r^3t - Skalierung von halinen und thermohalinen Strömungen | 120 |
|------------|--|-----|

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mit beschränkter Haftung, Schwertnergasse 1, 50667 Köln
--

- | | | |
|-----------|---|-----|
| 02 C 0973 | Entwicklung einfacher Strategien zur Reduzierung der Mobilisierbarkeit von Schwermetallen aus untertägig abgelagerten Abfällen | 148 |
| 02 C 0983 | Komplettierung der Datenbasis zur Modellierung der Schwermetallmobilisierung in salinaren Systemen | 150 |
| 02 C 0993 | Geochemische Modellierung des Langzeitverhaltens von silikatischen und aluminosilikatischen Materialien im Temperaturbereich 30 °C und 90 °C | 152 |
| 02 C 1164 | Verbundprojekt: Integriertes Sorptions-Datenbanksystem für Wechselwirkungen chemisch-toxischer und radioaktiver Kontaminanten mit mineralischen Systemen in geologischen Formationen (ISDA-GRS) | 174 |
| 02 C 1244 | Prognose der Redoxeeigenschaften natürlicher wässriger Lösungen | 190 |

02 C 1254	Geochemische Barriereeffizienz im anaeroben Deponienahfeld einer UTD	192
02 C 1285	Kopplung Numerischer Modelle für C:HM - Transportprozesse, Teilprojekt GRS	198
02 C 1426	Verbundvorhaben THEREDA: Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis - Teilvorhaben GRS	220
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	16
02 E 9783	Handbuch der Endlagerung – Umgang mit wärmeentwickelnden und langlebigen schwach- und mittelaktiven Abfällen	20
02 E 9813	Entwicklung eines Instrumentariums zur Berechnung des Radionuklidtransports in Tonformationen	24
02 E 9824	Advectiver und diffusiver Gastransport im Salzgestein im Forschungsbergwerk Asse (Addigas)	26
02 E 9834	Laborprogramm zur Untersuchung der Entwicklung und Verheilung von Auflockerungszonen in Tonsteinformationen – LUVEAT	28
02 E 9844	NF-PRO 5, Process Couplings and Integration in Performance Assessment	30
02 E 9884	Langzeitwechselwirkungen von Tonen und Zementen in Ton- und Salzformationen	36
02 E 9894	Selbstdichtende Barrieren aus Ton/Mineral-Gemischen in einem Tonendlager – SB-Experiment im Mt. Terri Untertagelabor – Hauptprojekt	38
02 E 9914	Geoelektrische Untersuchung der Entsättigung des Opalinuston im Ventilationsversuch im Mt. Terri Untertagelabor Phase 2; Kurzzeitentwicklung der EDZ	42
02 E 9934	Modellierung des großräumigen Schadstofftransports (Kurztitel: MOST)	46
02 E 9944	Geoelektrische Untersuchung der Aufsättigung von Bentonitbarrieren im HRL-Äspö-Projekt „Prototype Repository“ – Phase 2	48
02 E 9954	Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlager	50
02 E 9975	Untersuchung zur Wirksamkeit des geologischen und geotechnischen Barriersystems im Hinblick auf die Standortauswahl in magmatischen Gesteinen - WIBASTA	54
02 E 9995	Grundlegende Prozesse zum Radionuklidtransport im Fernfeld eines Endlagers im Salz – FUNMIG-RTDC-5	58
02 E 10045	Beteiligung am Forschungsprogramm der ANDRA im Untertagelabor Bure	66
02 E 10055	Überprüfung und Bewertung des bereits verfügbaren Instrumentariums für sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HLW – Kurztitel: ISIBEL	68

- 02 E 10075 Thermodynamische Daten für Eisen(II) in hochsalinaren Lösungen bei Temperaturen bis 90 °C – Kurztitel: FeT90 📖 72
- 02 E 10106 Verbundprojekt: Kolloidgetragener Radionuklidtransport in geklüfteten Gesteinen, Kurztitel: Kolorado 📖 78
- 02 E 10116 Barriereintegrität des einschlusswirksamen Deckgebirges in Tonformationen (BET) 📖 80
- 02 E 10146 Verbundvorhaben THEREDA: Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis - Teilvorhaben GRS 📖 86
- 02 E 10226 Gasmigration im Opalinus Ton in Abhängigkeit vom Gasinjektionsdruck (unterhalb des Fracdruckes) Kurztitel: HG-C 📖 102
- 02 E 10236 Verbundprojekt: Überprüfung und Kalibrierung eines THM-Modells zur Beschreibung des Langzeitverhaltens der Auflockerungszone im Steinsalz (MOLDAU) 📖 104
- 02 E 10276 Weiterentwicklung sicherheitsanalytischer Methoden zur Vorbereitung eines Safety Case in Deutschland -WESAM- 📖 112
- 02 E 10336 Verbundvorhaben: Weiterentwicklung der Rechenprogramme d³f und r³t 📖 124
- 02 E 10367 Anpassung des EMOS-Programmsystems an moderne Softwareanforderungen 📖 130
- 02 E 10377 Untersuchung der THM-Prozesse im Nahfeld von Endlagern in Tonformationen 📖 132
- 02 E 10387 Verbundprojekt: Chemisch-toxische Stoffe in einem Endlager für hochradioaktive Abfälle - Kurztitel: CHEMOTOX 📖 134

Gottfried Wilhelm Leibnitz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover

- 02 E 10025 Stabilität von Organotonen als Anionen-Adsorber unter Endlagerbedingungen – Experiment und Modellierung 📖 62

GTS Grube Teutschenthal Sicherungs GmbH & Co. KG, Straße der Einheit 9, 06179 Teutschenthal

- 02 C 1204 Entwicklung eines Grundkonzeptes für langzeitstabile Streckendämme im leichtlöslichen Salzgestein (Carnallit); Teil 2: Erprobung von Funktionselementen in situ 📖 182

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

- 02 C 1234 Verbundprojekt: Weiterentwicklung von Magnesiabindern von der Strömungsbarriere hin zu einem Verschlusselement im Salinar - Untersuchungen der mechanischen Anforderungen und Eigenschaften 📖 188
- 02 C 1264 Beweissicherungsprogramm zum geomechanischen Verhalten von Salinarbarrieren nach starker dynamischer Beanspruchung und Entwicklung einer Dimensionierungsrichtlinie zum dauerhaften Einschluss 📖 194
- 02 E 9874 Untersuchung der komplexen mechanischen und hydraulischen Eigenschaften von Tongesteinen unter besonderer Berücksichtigung der Foliation 📖 34

- 02 E 9904 Untersuchung des mechanischen Verhaltens von kompaktiertem Salzgrus im Kontakt mit dem Wirtsgestein  40
- 02 E 10256 Verbundprojekt: Überprüfung und Kalibrierung eines THM-Modells zur Beschreibung des Langzeitverhaltens der Auflockerungszone im Steinsalz (MOLDAU)  108

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

- 02 C 1506 Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 5 (IHU): Erfassung, Bewertung und Darstellung der Strukturgeologie und Hydrochemie  236

Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA), Stilleweg 2, 30655 Hannover

- 02 C 1315 Universelles integriertes geophysikalisches Mess- und Auswerteinstrumentarium zur Charakterisierung von Problemzonen im Salinar – Elektromagnetik, Georadar und Quantitative Charakterisierung von Problemzonen  204
- 02 C 1546 Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 9 (GGA-S1): Deckgebirgseigenschaften über einem bergbaubedingt destabilisiertem Untergrund, abgeleitet aus seismischen Beobachtungen  244
- 02 C 1556 Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 10 (GGA-S3): Isotopenhydrologische Untersuchungen  246

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

- 02 C 1456 Bestimmung der Änderung des räumlichen und zeitlichen Ausbreitungsverhaltens von chemotoxischen Schwermetallen nach Wechselwirkung mit Natural Organic Matter (NOM) in geologischen Formationen von Untertagedeponien  226
- 02 C 1536 Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 8 (IIF): Tomographische Radiotraceruntersuchungen und Fluoreszenztraceruntersuchungen  242
- 02 E 10176 Verbundvorhaben Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Beiträge zur Modellierung des Actinidentransports in potentiellen Wirtsgesteinsformationen; Teilthema 1: Mobilitätsbestimmende Elementarprozess; Teilthema 2: Einfluss heterogener Strukturen auf den Lösungs-Kolloidtransport  92

Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) GmbH, Forschungsgelände, 85748 Garching

- 02 E 10266 Numerische Modellierung der Dilatanz-induzierten, perkolativen Permeation in Salzgestein  110

Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Saarstraße 21, 55122 Mainz

- 02 C 1526 Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 7 (JoGU): Bestimmung der durchflusswirksamen Porosität  240
- 02 E 10166 Verbundprojekt Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Wechselwirkung von Neptunium und Plutonium mit natürlichem Tongestein  90

Kali-Umwelttechnik GmbH vorm. Kaliforschungsinstitut, Am Petersenschacht 7, 99706 Sondershausen

- 02 C 1214 Verbundprojekt: Weiterentwicklung von Magnesiabindern von der Strömungsbarriere hin zu einem Verschlusselement im Salinar  184
- 02 C 1395 Verbundprojekt: Optimierung von Magnesiabindersystemen für die Verwendung in Verschlussbauwerken für untertägige Deponien und Endlager für radioaktive Abfälle im Salinar – Teilprojekt 1  214
- 02 C 1496 Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 4 (K-UTEC): Grundlagen für Geomodellierung  234

Materialforschungs- und prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar, Amalienstraße 13, 99423 Weimar

- 02 C 1064 Weiterentwicklung eines TDR-Messverfahrens zur Quantifizierung von Feuchte- und Dichteverteilungen in Bentonitversuchsbauwerken  154

Öko-Institut e.V. – Institut für angewandte Ökologie, Merzhauser Straße 173, 79100 Freiburg

- 02 E 9793 Handbuch der Endlagerung – Umgang mit wärmeentwickelnden und langlebigen schwach- und mittelaktiven Abfällen  22
- 02 E 1345 Methodenentwicklung für die ökologische Bewertung der Entsorgung gefährlicher Abfälle unter und über Tage und Anwendung auf ausgewählte Abfälle  210
- 02 E 10397 Verbundprojekt: Chemisch-toxische Stoffe in einem Endlager für hochradioaktive Abfälle - Kurztitel: CHEMOTOX  136

Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe, Wassertechnologie und Entsorgung, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen

- KWA 2003 Unterstützungsprogramm Alternative Wirtsgesteine  256

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Regina-Pacis-Weg 3, 53113 Bonn

- 02 E 10296 Verbundvorhaben: Weiterentwicklung der Rechenprogramme d^3f und r^3t - Visualisierung und Datenanalyse  116

Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Grabengasse 1, 69117 Heidelberg

- 02 E 10326 Verbundvorhaben: Weiterentwicklung der Rechenprogramme d^3f und r^3t - Modellierung des Wärmetransports und Modellierung freier Oberflächen  122

Technische Universität Bergakademie Freiberg, Akademiestraße 6, 09599 Freiberg

- | | | |
|-----------|---|-------|
| 02 C 1124 | Diversitäre und redundante Dichtelemente für langzeitstabile Verschlussbauwerke | 📖 166 |
| 02 C 1446 | Verbundvorhaben THEREDA: Entwicklung einer Thermodynamischen Referenzdatenbasis - Teilvorhaben TU BAF | 📖 224 |

Technische Universität Clausthal, Adolph-Römer-Straße 2A, 38678 Clausthal-Zellerfeld

- | | | |
|-----------|---|-------|
| 02 C 0952 | Modellentwicklung zur Gaspermeation aus unterirdischen Hohlräumen im Salzgebirge | 📖 146 |
| 02 C 1134 | Untersuchungen an Calciumsulfat-Steinsalz-Baustoffen für Dammbauwerke in Untertage-Deponien und Endlagern | 📖 168 |
| 02 C 1275 | Kopplung Numerischer Modelle für C:HM – Transportprozesse, Teilprojekt TUC: Gekoppelte Modellierung des C:HM Verhaltens von selbstverheilendem Salzversatz | 📖 196 |
| 02 C 1355 | Weiterentwicklung der EDV-Software INFIL zur Simulation des druckbetriebenen Infiltrationsprozesses von Fluiden in ein nicht permeables Barrieren-Gebirge (Salinar) | 📖 212 |
| 02 C 1405 | Verbundprojekt: Optimierung von Magnesiabindersystemen für die Verwendung in Verschlussbauwerken für untertägige Deponien und Endlager für radioaktive Abfälle im Salinar – Teilprojekt 2 | 📖 216 |
| 02 C 1415 | Verbundprojekt: Optimierung von Magnesiabindersystemen für die Verwendung in Verschlussbauwerken für untertägige Deponien und Endlager für radioaktive Abfälle im Salinar – Teilprojekt 3 | 📖 218 |
| 02 C 1486 | Verbundprojekt: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 3 (TUC): Geomechanische Modellierung | 📖 232 |
| 02 C 1566 | Grundlagenuntersuchungen zur Unterdrückung der Auflockerungszone in Strecken des Salinar | 📖 248 |

Technische Universität Darmstadt, Karolinenplatz 5, 64289 Darmstadt
--

- | | | |
|------------|---|------|
| 02 E 10015 | Untersuchungen zum Gastransport in der Auflockerungszone in einem geologischen Endlager in Tongestein | 📖 60 |
|------------|---|------|

Technische Universität Dresden, Helmholtzstraße 10, 01069 Dresden
--

- | | | |
|------------|---|-------|
| 02 E 10417 | Untersuchungen zur Temperaturabhängigkeit der Komplexbildung und Sorption dreiwertiger Actinide Am(III), Pu(III) im System Actinid-NOM-natürliches Tongestein-Aquifer | 📖 140 |
|------------|---|-------|

Technische Universität Ilmenau, Ehrenbergstraße 29, 98693 Ilmenau
--

- | | | |
|-----------|--|-------|
| 02 C 1194 | Entwicklung eines Messsystems zur hochauflösenden zerstörungsfreien Erkundung von Gesteinsnahbereichen mittels Höchsthfrequenz-Radar | 📖 180 |
|-----------|--|-------|

Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München
--

- | | | |
|------------|--|----|
| 02 E 10035 | Wechselwirkungen von Actiniden mit Anorgano-Huminkolloiden | 64 |
| 02 E 10186 | Verbundvorhaben Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Quantenmechanische Modellierung von Aktinoidenkomplexen: Komplexierung durch Huminstoffe und Sorption an Tonmineralien | 94 |

Universität des Saarlandes, Campus Saarbrücken, 66123 Saarbrücken
--

- | | | |
|------------|--|----|
| 02 E 10196 | Verbundvorhaben Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Untersuchungen zur Migration von Lanthaniden und Uran in natürlichen Tonformationen im Übergang von verdünnten Mineral-Suspensionen zu kompakten Tonen | 96 |
|------------|--|----|

Universität Karlsruhe (TH), Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe

- | | | |
|-----------|---|-----|
| 02 C 0922 | Verschlussystem mit Äquipotenzialsegmenten für die untertägige Entsorgung (UTD und ELA) gefährlicher Abfälle zur Sicherstellung der homogenen Befeuchtung der Dichtelemente und zur Verbesserung der Langzeitstabilität | 144 |
|-----------|---|-----|

Universität Leipzig, Ritterstraße 26, 04109 Leipzig
--

- | | | |
|-----------|---|-----|
| 02 C 1305 | Universelles integriertes geophysikalisches Mess- und Auswertearbeitsinstrumentarium zur Charakterisierung von Problemzonen im Salinar – Geologie, Geoelektrik, Seismik und Szenarienmodellierung | 202 |
|-----------|---|-----|

Universität Potsdam, Am Neuen Palais 10, 14469 Potsdam

- | | | |
|------------|--|-----|
| 02 E 9924 | Verbundprojekt: Migration von Actiniden im System Ton, Huminstoff, Aquifer - Spektroskopische Bestimmung von thermodynamischen und kinetischen Kenngrößen zur Beschreibung der Humin-Metall-Komplexierung | 44 |
| 02 E 10216 | Verbundvorhaben Actinidenmigration im natürlichen Tongestein: Spektroskopische Untersuchungen zum erweiterten Prozessverständnis in binären und ternären Huminstoff-Tongestein - Lanthanoid Systemen: Thermodynamische und kinetische Kenngrößen | 100 |

WASY Gesellschaft für Wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung mbH, Waltersdorfer Str. 105, 12526 Berlin
--

- | | | |
|-----------|--|-----|
| 02 C 1516 | Verbundprojekt: Dynamik abgeöffneter oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes; Teilvorhaben 6 (WASY): Strömungs- und Transportmodellierung | 238 |
|-----------|--|-----|