

Forschungszentrum Karlsruhe Technik und Umwelt

PTE Nr. 22

Bericht über die im zweiten Halbjahr 2001
vom BMBF und BMWi geförderten FuE-Arbeiten zur
„Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formatio-
nen“

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

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Februar 2002

PTE-Berichte

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

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

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

Vorwort

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

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

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

Endlagerung radioaktiver Abfälle	BMWi Referat III B3
Untertägige Entsorgung chemotoxischer Abfälle	BMBF Referat 421
Altlasten in Bergschadensgebieten	BMBF Referat 421
Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung	BMWi Referat III B4

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

Dem Bericht liegt folgendes Gliederungsprinzip zugrunde:

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

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

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

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

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

Inhaltsverzeichnis

1	Verzeichnis der Fördervorhaben gemäß FuE-Förderkonzepten	1
1.1	ENTSORGUNG GEFÄHRLICHER ABFÄLLE IN TIEFEN GEOLOGISCHEN FORMATIONEN	1
1.1.1	<i>Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten</i>	<i>1</i>
1.1.2	<i>Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien</i>	<i>3</i>
1.1.3	<i>Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung</i>	<i>9</i>
1.1.4	<i>Altlasten in Bergschadensgebieten.....</i>	<i>11</i>
2	Formalisierte Zwischenberichte	13
2.1	E-VORHABEN	13
2.2	C-VORHABEN.....	111
2.4	W-VORHABEN.....	179
2.5	BMW-I-HAUSVORHABEN.....	185
3	Verzeichnis der ausführenden Forschungsstellen.....	189

1 Verzeichnis der Fördervorhaben gemäß FuE-Förderkonzepten

1.1 Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen

1.1.1 Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzepten unter Sicherheitsgesichtspunkten

02 C 0516	Schachtverschlüsse für untertägige Deponien in Salzbergwerken - Forschungsvorhaben Schachtverschluss Salzdetfurth Schacht SA II	Kali und Salz Beteiligungs AG Kassel	📖 112
02 C 0547	Entwicklung eines Grundkonzepts für langzeitstabile Streckenverschlussbauwerke im Salinar -Bau und Test eines Versuchsverschlussbauwerkes unter realen Bedingungen-	TU Bergakademie Freiberg	📖 116
02 C 0800	Entwicklung eines Messsystems zur Feuchtemessung in Bentonit-Abschlussbauwerken in salinärer Umgebung	Materialforschungs- und prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar	📖 160
02 C 0810	Entwicklung eines Messsystems zur Feuchtemessung in Bentonit-Abschlussbauwerken in salinärer Umgebung	Forschungszentrum Karlsruhe GmbH	📖 162
02 C 0830	Weiterentwicklung eines selbstverheilenden Salzversatzes als Komponente im Barriersystem Salinar	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 166
02 C 0881	Experimentelle und numerische Untersuchungen des Langzeitverhaltens von Abschlussbauwerken im Salinar mit Bentonitgemischen als Dichtelement	Bauhaus-Universität Weimar	📖 176
02 E 9118	Untersuchungen zur hydraulisch wirksamen Auflockerungszone um Endlagerbereiche im Salinar in Abhängigkeit vom Hohlraumabstand und Spannungszustand	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 20
02 E 9188	Untersuchungen zur Gas- und Wasserfreisetzung und der Wasserverteilung im Erhitzerversuch im OPALINUS-Ton des Mont Terri-Tunnels	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 34
KWA 9901	Unterstützungsprogramm Granit	Forschungszentrum Karlsruhe GmbH	📖 186

1.1.2 Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien

02 C 0537	Entwicklung und In-situ-Test akustischer Verfahren zur zerstörungsfreien Beurteilung von Auflockerungszonen im Salinar	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., München	📖 114
02 C 0578	Komplexes Mess- und Auswertinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und UTD im Salinar -Einbeziehung elektromagnetischer Verfahren	Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben GGA, Hannover	📖 118
02 C 0588	Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des grubenraumnahen Gebirges in Verbindung mit der Planung von Damm- und Verschlussbauwerken im Salinar –Teil A: Mechanische Modellbildung und mechanisch-hydraulische Tragwerksanalyse-	TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	📖 120
02 C 0598	Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des grubenraumnahen Gebirges in Verbindung mit der Planung von Damm- und Verschlussbauwerken im Salinar –Teil B: Hydraulische Modellbildung-	TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	📖 122
02 C 0618	Erstellung einer Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung geochemischer Informationen zum Verhalten von Abfallinhaltsstoffen im Deckgebirge einer UTD/UTV (Sorptionsdatenbank Chemieabfälle)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 124
02 C 0628	Modellrechnungen zur großräumigen dichteabhängigen Grundwasserbewegung	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 126
02 C 0639	Prognose der dynamischen Langzeitstabilität von Grubengebäuden im Salinar	IfG, Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig	📖 128
02 C 0649	Untersuchungen zur Langzeitsicherheit von UTD in Salzformationen der flachen Lagerung im Zusammenhang mit dem Verformungs- und Bruchverhalten –Phase III-	IfG, Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig	📖 130
02 C 0659	Langzeitstabilität von Tondichtungen in Salzformationen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 132
02 C 0669	Hydraulische Kennwerte von tonhaltigen Mineralgemischen zum Verschluss von Untertagedeponien	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 134

- | | | | |
|------------------|---|--|-------|
| 02 C 0679 | Erstellung und Nutzung einer Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung methoden-abhängiger Informationen zum Mobilisationsverhalten und zum Schadstoffpotential von organisch und anorganisch belasteten Feststoffen | Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln | 📖 136 |
| 02 C 0689 | Gasfreisetzung aus chemisch-toxischen Abfällen in Untertagedeponien | Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln | 📖 138 |
| 02 C 0699 | Untersuchungen zur Entwicklung, Anwendung und Eignung von mineralischen Gelen und Bindemittelsystemen auf Sorelbasis zur Einbettung und Sorption schadstoffhaltiger Abfallstoffe und zur Verbesserung der Barrierewirkung von Versatz | Kali-Umwelttechnik GmbH Sondershausen | 📖 140 |
| 02 C 0709 | Geochemische Untersuchungen zur Retention von geogenen/anthropogenen Kohlenstoffverbindungen für toxische Schwermetalle | Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung e.V., Leipzig | 📖 142 |
| 02 C 0710 | Geochemisches Modell für Zn, Cd und Pb in salinaren Lösungen aus Abfalldeponien und Alt- und Umweltlasten | Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln | 📖 144 |
| 02 C 0720 | Weiterentwicklung eines Prognosemodells zum Barriereintegritäts- und Langzeitsicherheitsnachweis für Untertagedeponien mit Berücksichtigung von Gefügeschädigung und Schädigungsverheilung auf der Grundlage der Continuum-Damage-Theorie | TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld | 📖 146 |
| 02 C 0820 | Zeitliche Veränderung der Ausdehnung und der hydraulischen Eigenschaften von Auflockerungszonen um Hohlräume in Gesteinen mit visko-plastischen Eigenschaften | TU Bergakademie Freiberg | 📖 164 |
| 02 C 0841 | Herkunft und Migration mineralgebundener Gase in marinen Evaporiten | TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld | 📖 168 |
| 02 C 0851 | Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedeponien -Geosonar- und Ultraschallverfahren- | Fraunhofer Gesellschaft, München | 📖 170 |
| 02 C 0861 | Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedeponien -Geoelektrik, Seismik, Geologie- | Universität Leipzig | 📖 172 |
| 02 C 0871 | Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedeponien -Elektromagnetik, Georadar, Quantitative Charakterisierung von Problemzonen- | Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben GGA, Hannover | 📖 174 |

02 E 9057	Wirksamkeit der Abdichtung von Versatzmaterialien –Technikums- und In-situ-Versuche am Dreistoffsystem polymineralisches Salzgestein-Versatzstoff-Fluid-	Kali-Umwelttechnik GmbH Sondershausen	📖 14
02 E 9098	Entwicklung und Erprobung von zerstörungsfreien seismischen In-situ-Methoden zur Beurteilung der geomechanischen und hydraulischen Gebirgseigenschaften in der Umgebung untertägiger Hohlräume in Endlagerformationen	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover	📖 16
02 E 9108	Untersuchungen zur Radionuklidfreisetzung und zum Korrosionsverhalten von bestrahltem Kernbrennstoff aus Forschungsreaktoren unter Endlagerbedingungen	Forschungszentrum Jülich GmbH	📖 18
02 E 9128	Tertiäre Sedimente als Barriere für die U/Th-Migration im Fernfeld von Endlagern	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 22
02 E 9138	Entwicklung eines Modells zur Beschreibung des geochemischen Milieus in hochsalinaren Lösungen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 24
02 E 9148	Entwicklung eines Programms zur dreidimensionalen Modellierung des Schadstofftransportes	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 26
02 E 9158	Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Spannungsumlagerungen (BARIAN)	IfG, Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig	📖 28
02 E 9168	Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Gebirgsspannungsumlagerungen (BARIAN)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 30
02 E 9178	Aktualisierung sicherheitsanalytischer Rechenprogramme für Teilsysteme eines Endlagers (ARTE)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 32
02 E 9198	Untersuchungen zur Gasausbreitung in den technischen Barrieren Beton und Bentonit sowie im Granit im Felslabors Grimsel (Phase V)	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 36
02 E 9208	Felslabor Grimsel (Phase V): Effektive Parameter (EFP) -Begleitende geoelektrische Untersuchungen-	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 38
02 E 9218	Deutsch-Schweizerische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung (Felslabor Grimsel Phase V). Teilprojekt I: Effektive Parameters (EFP); Teilprojekt II: Numerical Calculation of Two-Phase Flow.	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover	📖 40

02 E 9239	Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	42
02 E 9249	Entwicklung und In-situ-Erprobung faseroptischer Überwachungssysteme unter dem Aspekt des Nachweises der Betriebssicherheit in einem Endlager	DBE Technology GmbH, Peine	44
02 E 9259	Untersuchung des Spannungszustandes und des gebirgsmechanischen Verhaltens von Versatz und Wirtsgestein in Abhängigkeit von der Temperatur	IfG, Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig	46
02 E 9269	Abschließende Auswertung des Projektes „Thermische Simulation der Streckenlagerung / Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar“	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	48
02 E 9279	Geoelektrische Untersuchung der Aufsättigung von Bentonitbarrieren im HRL-Äspö-Projekt „Prototype Repository“	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	50
02 E 9289	Versuchsfeldaufwältigung und Rückgewinnung von Materialproben und Messeinrichtungen	Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE), Peine	52
02 E 9299	Untersuchungen über die Komplexierung und die Migration von Aktiniden und nichtradioaktiven Stoffen mit Huminsäuren unter geogenen Bedingungen – Komplexierung von Huminsäuren mit Aktiniden in der Oxidationsstufe IV Th, U, Np	FZR, Forschungszentrum Rossendorf, Dresden	54
02 E 9309	Untersuchungen über das Komplexierungsverhalten von Huminsäuren und deren Einfluss auf die Migration von radioaktiven und nichtradioaktiven Stoffen	Johannes Gutenberg-Universität, Mainz	56
02 E 9319	Erweiterung der Datenbasis zur thermodynamischen Modellierung der Reaktionen CaSO ₄ -haltiger Minerale und des Glaserits bei Temperaturen bis 200°C	TU Bergakademie, Freiberg	58
02 E 9329	Komplexierung und Migration von Al, Ga, In, Sc, Y, La und Schwermetallen mit Huminsäure	Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung e.V., Leipzig	60
02 E 9330	Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen	TU Bergakademie Freiberg	62
02 E 9340	Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen	Battelle Ingenieurtechnik GmbH, Frankfurt	64

02 E 9360	Einfluss von Kolloiden auf die Migration von Actiniden	TU München	📖 66
02 E 9370	Weiterentwicklung von Simulationstechniken für Gas-Wasser-Prozesse in geklüftet-porösen Medien auf der Feldskala	Universität Stuttgart	📖 68
02 E 9380	Migrations- und Sorptionsuntersuchungen geogener Lösungen in Wirtsgesteinsformationen (Tone, Tongestein, Salzgestein) mittels tomographischer Radiotracerverfahren (PET)	Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung e.V., Leipzig	📖 70
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	📖 72
02 E 9400	Untersuchungen zur Gasentwicklung und -freisetzung im Boom Clay in Mol im Projekt: "Integrated in Situ Corrosion Test on Alpha-Active High Level Waste Glass - Phase 2" CORALUS 2	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 74
02 E 9410	Transport und Rückhaltung von Schadstoffen in alterierten Kluftbereichen des HRL Äspö	TU-Clausthal, Clausthal-Zellerfeld	📖 76
02 E 9420	Laboruntersuchungen der gekoppelten hydraulisch-mechanischen Eigenschaften von Kernproben des Allovo-Oxfordian Tonsteins am Standort Meuse/Haute Marne im Projekt MODEX-REP	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 78
02 E 9430	Modellierung des Aufsättigungsverhaltens von Bentonit im Endlager im Kristallin, Mitarbeit in der Task Force "EBS" des HRL Äspö	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 80
02 E 9440	Entwicklung einer Methode zur verbesserten Rückhaltung von Iod und Selen im Nahbereich eines Endlagers	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 82
02 E 9450	Quantenmechanische Modellierung der aquatischen und Sorptions-Chemie von Aktinoiden	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 84
02 E 9461	Untersuchung der chemischen und hydrochemischen Wechselwirkungen von Ton/Zement-Systemen; E-COCLAY - Phase II	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 86
02 E 9471	Entwicklung einer mineralspezifischen Sorptions-Datenbank für Oberflächenkomplexierungsmodelle	FZR, Forschungszentrum Rossendorf, Dresden	📖 88
02 E 9481	Einsatz von Organo-Tonen als Adsorber für problematische Anionen in geotechnischen Barrieren	Universität Hannover	📖 90
02 E 9491	Wechselwirkung von Actiniden mit dominanten Bakterien des Äspö-Grundwasserleiters	FZR, Forschungszentrum Rossendorf, Dresden	📖 92

02 E 9501	Goelektrische Untersuchung der Entsättigung des Opalinuston im Ventilationsversuch im Mont Terri-Untertagelabor	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 94
02 E 9511	Gegenüberstellung von Endlagerkonzepten im Salz und Tongestein (GEIST)	DBE Technology GmbH, Peine	📖 96
02 E 9521	Übertragung des Sicherheitsnachweiskonzeptes für ein Endlager im Salz und andere Wirtsgesteine (ÜBERSICHT)	DBE Technology GmbH, Peine	📖 98
02 E 9531	Untersuchung Thermischer Expansions-Effekte (TEE) in Tonformationen	DBE Technology GmbH, Peine	📖 100
02 E 9541	Vorprojekt zur Beteiligung am Forschungsprogramm der ANDRA im URL Bure	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 102
02 E 9551	Anwendung von Transportprogrammen auf die Nuklidmigration in Natürlichen Gesteinsformationen mit Feldmessungen	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 104
02 E 9561	Modellentwicklung zur Quellung hochkompaktierter Bentonite im Kontakt zu Lösungen unterschiedlicher Salinität im Temperaturbereich 25 - 120°	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	📖 106
02 E 9571	Koordination geowissenschaftlicher Tätigkeiten in alternativen Wirtsgesteinen	DBE Technology GmbH, Peine	📖 108

1.1.3 Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung

- | | | | |
|------------------|---|--------------------------------------|-------|
| 02 W 6218 | Entwicklung digitaler Safeguardstechniken zur Verbesserung der Effektivität und der Kosteneffizienz und Anpassung an das neue Safeguardssystem INF-CIRC/540 | Forschungszentrum Jülich GmbH | 📖 180 |
| 02 W 6228 | Das "gestärkte Safeguardssystem" und die Nichtverbreitungs-Herausforderungen -Perspektiven und innovative Lösungsansätze- | Forschungszentrum Jülich GmbH | 📖 182 |

1.1.4 Altlasten in Bergschadensgebieten

- | | | | |
|------------------|---|---|-------|
| 02 C 0730 | Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 1: Gesamtprojektkoordinierung, geochemische Untersuchungen und Monitoring | BGR Hannover | 📖 148 |
| 02 C 0740 | Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 2: Gebirgsmechanische Analyse des Bergschadensgebietes Staßfurt | TU Clausthal | 📖 150 |
| 02 C 0750 | Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 3: Bergschadensbewertung, Geohydraulik und Sanierungsmaßnahmen | Kali-Umwelttechnik GmbH, Sondershausen | 📖 152 |
| 02 C 0760 | Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 4: Thermodyn. Modellierung, Abdichtsysteme von Altablagerungen, Gesamtbewert. Gefährdungspotential | Brandenburgische TU, Cottbus | 📖 154 |
| 02 C 0770 | Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 5: Struktur- und hydrogeol. Analyse im Bergschadensgebiet Staßfurt - Entwicklung hydraulischer Sicherungs- und Sanierungskonzepte | IHU Geologie und Analytik Gesellschaft f. Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH, Stendal | 📖 156 |
| 02 C 0780 | Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 6: Geophysikalische Erkundung - Seismik | Geophysik GGD - Gesellschaft für Geowissenschaftliche Dienste mbH, Leipzig | 📖 158 |

2 Formalisierte Zwischenberichte

2.1 E-Vorhaben

Zuwendungsempfänger: Kali-Umwelttechnik GmbH , Am Petersenschacht 7, 99706 Sondershausen		Förderkennzeichen: 02 E 9057
Vorhabensbezeichnung: Wirksamkeit der Abdichtung von Versatzmaterialien -Technikums- und In-situ-Versuche am Dreistoffsystem polymineralisches Salzgestein-Versatzstoff-Fluid-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.1998 bis 31.07.2001	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.07.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.650.520,00 DM	Projektleiter: Dr. Scherzberg	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Arbeitspaket 1:

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

Arbeitspaket 2:

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

Arbeitspaket 3:

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Die konzipierten Untersuchungen gemäß den Arbeitspaketen 1-3 wurden planmäßig beendet. Schwerpunkt stellte die Auswertung der durchgeführten Versuche dar. Die Fertigstellung des Abschlussberichtes wurde begonnen.

4. Ergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse liegen vollständig vor und sind Basis für den Abschlussbericht.

5. Geplante Weiterarbeiten

Fertigstellung des Abschlussberichtes gemäß Zeitplan.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Bericht zum „Projektstatusgespräch zu FuE-Vorhaben auf dem Gebiet der Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen“ in Leipzig, Mai 2001

Zuwendungsempfänger: BGR, Stilleweg 2, 30655 Hannover		Förderkennzeichen: 02 E 9098
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung und Erprobung von zerstörungsfreien seismischen In-situ-Methoden zur Beurteilung der geomechanischen und hydraulischen Gebirgseigenschaften in der Umgebung untertägiger Hohlräume in Endlagerformationen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1998 bis 31.12.2001	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 734.007,00 DM	Projektleiter: Dr. Lüdeling	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP A „Salz“:

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

AP B „Kristallin“:

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

AP C „Sedimentgestein“:

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

AP D „Synthese“:

Zusammenfassende Beschreibungen und vergleichende Bewertungen.

3. Durchgeführte Arbeiten

Wiederholungsmessungen in der EB-Nische (Engineered Barrier Experiment) des Felslabors Mont Terri zur Beurteilung der zeitlichen Entwicklung der ALZ. Durchführung von Intervallgeschwindigkeitsmessungen in sechs, 3 m langen Bohrlöchern. Messung von zwei horizontalen, ca. 1,5 m langen refraktionsseismischen Profilen (NE-Stoß und SW-Stoß) sowie eines Viertelkreis-Profils (Ulme → Firste).

Während der Schachtabteufarbeiten für das Laboratoire de Recherche Souterrain de Meuse / Haute Marne / Frankreich wurden im Sommer/Herbst 2001 Intervallgeschwindigkeitsmessungen in 6 bis 12 m langen Bohrungen (Kimmeridgian marls) durchgeführt.

Datenbearbeitung und Interpretation der Intervallgeschwindigkeitsmessungen.

Datenbearbeitung sowie Modellierung der refraktionsseismischen Daten (1D- und 2D Inversionen, Network-Raytracing, FD-Modellierung).

4. Ergebnisse

Die nach vier Monaten durchgeführte Wiederholung der Intervallgeschwindigkeitsmessungen zeigen in Teilbereichen signifikante Veränderungen der P-Wellengeschwindigkeiten.

Mit Hilfe der refraktionsseismischen Profile konnte die ALZ in Form erniedrigter Geschwindigkeiten bestimmt werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

Erstellung des Abschlussberichts und Auswertung von Refraktionsdaten.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Schuster, K. und H.-J. Alheid, Mesures microsismiques en forages formation du Kimmeridgien, Rapport de mesures - ANDRA, 2001.

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

Zuwendungsempfänger: FZ-Jülich, 52425 Jülich		Förderkennzeichen: 02 E 9108
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Radionuklidfreisetzung und zum Korrosionsverhalten von bestrahltem Kernbrennstoff aus Forschungsreaktoren unter Endlagerbedingungen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.1998 bis 30.11.2001	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 30.11.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.424.962,00 DM	Projektleiter: Dr. Fachinger	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Zu 2: Korrosionsexperimente im Rahmen des Projekts wurden abgeschlossen.
- Zu 3: Die vier Auslaugversuche mit bestrahlten MTR-BE wurden letztmalig im Rahmen des Projekts beprobt.
- Zu 4: Die Untersuchung der Radionuklidremobilisierung aus den Korrosionsrückstände mussten aufgrund technischer Probleme in der heißen Zelle abgebrochen werden.
- Zu 5: Die Charakterisierung der Korrosionsrückstände aus AP2 wurden fortgeführt.
- Zu 6: Die Sorptionsversuche unter anaeroben Bedingungen mit verschiedenen Feststoffmatrices (Korund, Haematit und Magnetit) und Solventien wurden fortgeführt.

4. Ergebnisse

- Zu 2: Die Veränderung des S/V-Verhältniss führte zu keiner wesentlichen Änderungen in der Korrosionsrate.
- Zu 6: Mittels Kurbatov-Plots konnten die stöchiometrischen Verhältnisse in den Austauschreaktionen der Sorptionsprozesse bestimmt werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

Fertigstellung des Abschlussberichts

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

- J. FACHINGER, H. CURTIUS, H. BRÜCHER; „R &D for Final disposal of Research Reactor Fuel Elements in Germany“, International Conference on Management of Radioactive Waste from Non-Power Application – Sharing the Experience, Qwara (Malta), 5. – 9.11.2001
- J. FACHINGER, H. CURTIUS; „Untersuchungen zum Verhalten von MTR-Brennelementen in endlagerrelevanten aquatischen Systemen“, GDCh Jahrestagung Chemie 2001, 23.-29.09.2001, Würzburg
- H. CURTIUS, J. FACHINGER, „Sorption of ²⁴¹Am onto magnetite and hematite in granite water“, MIGRATION 2001, 16- 21.09.2001, Bregenz (Austria).
- L. MAZEINA, H. CURTIUS, J. FACHINGER, „Formation of a hydrotalcite like compounds during a model corrosionexperiment of MTR FE“, GDCh Jahrestagung Chemie 2001, 23.-29.09.2001, Würzburg

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9118	
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur hydraulisch wirksamen Auflockerungszone um Endlagerbereiche im Salinar in Abhängigkeit vom Hohlraumabstand und Spannungszustand			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten			
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1998 bis 30.04.2003		Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.237.318,00 DM		Projektleiter: Dipl.-Phys. Wieczorek	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

AS4: Auf der 532-m-Sohle wurde mit den Permeabilitätsmessungen in den horizontalen Bohrlöchern zwischen Kammer 8b und Kammer 8 begonnen. Etwa ein Drittel der geplanten Messungen sind durchgeführt.

AS5: Das System für Permeabilitätsmessungen im unmittelbaren Streckennahbereich in der AHE-Strecke auf der 800-m-Sohle wurde in Betrieb genommen. Es umfasst einen Bereich der Sohle, der durch eine in Salzbeton gelegte Kunststoffplatte von 1.8 m Kantenlänge zur Strecke hin versiegelt ist. In diesem Sohlenbereich befinden sich fünf kurze Bohrlöcher. Gasinjektionstests wurden in allen fünf Bohrlöchern durchgeführt und vorläufig ausgewertet.

4. Ergebnisse

AS4: Die Permeabilitätsmessungen im Pfeiler auf der 532-m-Sohle deuten darauf hin, dass im Gegensatz zum Zentrum des Pfeilers, in dem keine Auflockerung festzustellen ist, eine sehr ausgeprägte Auflockerung am Pfeilerrand zur Kammer 8 hin besteht. Die Tiefe dieser Auflockerungszone scheint kleiner als 2 m zu sein. Neben einer allgemeinen Erhöhung der Permeabilität scheinen auch Makrorisse bzw. Abschalungen vorhanden zu sein. Dies wird im Laufe der weiteren Messungen näher untersucht.

AS5: Die Messungen im unmittelbaren Sohlenbereich der AHE-Strecke zeigen Ergebnisse, die an die früheren Messergebnisse aus größerer Tiefe, die mit Packersonden erzielt wurden, anschließen. Während bei letzteren Messungen Permeabilitäten in der Größenordnung von 10-17 m² in 0.6 m Tiefe ermittelt wurden, liegt die Permeabilität unmittelbar unter der Platte nach vorläufigen Auswertungen im Bereich von 10-16 m² und nimmt nach unten in Übereinstimmung mit den früheren Ergebnissen ab.

5. Geplante Weiterarbeiten

Im kommenden Halbjahr werden die Permeabilitätsmessungen an Kammer 8b begonnen. Mit Im kommenden Halbjahr werden die Permeabilitätsmessungen auf der 532-m-Sohle beendet. Zusätzliche Permeabilitätsmessungen sind in der Sohle der südlichen TSDE-Versuchsstrecke geplant. Mit dem System zur Permeabilitätsmessung im unmittelbaren Streckennahbereich werden weitere Gas- sowie Flüssigkeitsinjektionstests durchgeführt. Sämtliche Permeabilitäts- und Spannungsmessungen werden ausgewertet und in Relation gesetzt, wobei unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Spannungsmessungen der mechanische Zustand der Versuchsorte modelliert wird.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Wieczorek, K., Schwarzianeck, P., Rothfuchs, T., "Self-healing of excavation-disturbed rocks in the nearfield of underground cavities – exemplary measurements in rock salt and interpretation of preliminary results", Vortrag beim Eurosafe-Forum am 5. und 6. November 2001, Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN) und Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, 2001.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln	Förderkennzeichen: 02 E 9128
Vorhabensbezeichnung: Tertiäre Sedimente als Barriere für die U/Th-Migration im Fernfeld von Endlagern	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1998 bis 31.08.2001	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.08.2001
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.424.695,00 DM	Projektleiter: Dr. Noseck

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Auswertung von Edelgasmessungen an Grundwasserproben aus 2 unterschiedlichen Horizonten.
- Vorbereitung neuer Bohrkampagnen an den Standorten Ruprechtov und Heselbach. Deren Realisierung erfolgt im Rahmen eines Nachfolgeprojekts (s. FKZ 02 E 9551)
- Interpretation aller Ergebnisse
- Anfertigung des Projektabschlussberichtes.

4. Ergebnisse

Ruprechtov:

Auf Basis der Synthese aller geochemischen und radiometrischen Beobachtungen lässt sich der Urantransport durch ein sog. Roll Front-Modell beschreiben. Die geochemischen Modellrechnungen zeigen, dass die gemessenen Eh-Werte in einem Bereich liegen, in dem der Übergang von Uran(VI) zu Uran(IV) erfolgt. Ein Schwerpunkt des Nachfolgeprojekts liegt deshalb u.a. in der Optimierung von Eh-Messungen. Darüber hinaus ist eine vertikal und horizontal erweiterte Kenntnis der Standortverhältnisse erforderlich, um mit den bereits erzielten wie auch neu zu ermittelnden Resultaten ein hydrogelogisch-hydrogeochemisches Modell des jeweiligen Standortes erstellen und ein Transportmodell anwenden zu können.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Keine. Das Projekt wurde abgeschlossen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

- Laciok, A., Hercik, M., Noseck, U. & Brassler, Th.: Immobilization and retention processes of uranium in Tertiary argillaceous sediments (Czech Republic).- GEOTRAP 5 meeting, Stockholm, 2001.
- Noseck, U., Brassler, Th. et al.: Tertiäre Sedimente als Barriere für die U/Th-Migration im Fernfeld von Endlagern. Abschlussbericht. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Braunschweig, 2002 [in Vorbereitung].

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln	Förderkennzeichen: 02 E 9138
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung eines Modells zur Beschreibung des geochemischen Milieus in hochsalinaren Lösungen	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1998 bis 30.09.2002	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.748.697,00 DM	Projektleiter: Dr. Moog

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Untersuchungsprogramm umfasst drei Arbeitspakete.

AP 1: Thermodynamische Modellierung

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

AP 2: Laborarbeiten

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

AP 3: Langzeitsicherheit

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Es wurde weiter an einem Schnittstellenmodul gearbeitet, welches das käuflich erworbene Programmpaket chemapp mit Transportmodellen koppelt. Die Datenbasis für chemapp wurde so erweitert, dass die Elemente Fe, Al, Si und Blei mit berücksichtigt werden können. Es wurden Vergleichsrechnungen mit EQ3/6 begonnen.

Löslichkeitsversuche für Fe(II) wurden weitergeführt. Ergänzend wurden Versuche begonnen, um für ausgewählte Punkte die Einstellung des thermodynamischen Gleichgewichts nachzuweisen. Dazu wurden einzelne Löslichkeitsversuche bei höheren Temperaturen angesetzt und anschließend auf 25,0 °C abgekühlt.

Es wurde mit dem Aufbau eines alternativen Verfahrens zur Bestimmung der Sättigungskonzentration von H₂S in hochsalinaren Lösungen begonnen.

Es wurden Löslichkeitsversuche mit Bleisulfid durchgeführt.

Im Rahmen eines Unterauftrages wurden mit isopiestic Messungen in den Systemen Fe(III)-Na,K,Mg,Ca-Cl-H₂O begonnen.

4. Ergebnisse

Vergleichsrechnungen mit EQ3/6 ergaben gut übereinstimmende Ergebnisse für Sättigungs- und Reaktionspfadberechnungen im System Na,K,Mg,Ca-Cl,SO₄-H₂O. Gute Übereinstimmung wurde auch für Löslichkeitsberechnungen mit Si und Pb erzielt.

Die bisher erhaltenen Löslichkeitsdiagramme konnten ergänzt und dadurch weitere Koexistenzpunkte für zwei Mineralphasen in den jeweiligen Systemen ermittelt werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

Fortführung der Validierungsrechnungen mit der Datenbasis für CHEMAPP, insbesondere für Blei-chloridische Systeme und für Al. Bestimmung eines Satzes von Pitzerparametern für Fe(II), Fe(III) und H₂S. Modellierung der experimentell ermittelten Daten aus isopiestic- und Löslichkeitsversuchen. Durchführung einer Transportrechnung zur Demonstration des Einflusses geochemischer Rechnungen auf das Ergebnis. Durchführung von Aufsättigungsversuchen mit H₂S in hochsalinaren Lösungen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

in Vorbereitung

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9148	
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung eines Programms zur dreidimensionalen Modellierung des Schadstofftransportes			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1998 bis 30.06.2003		Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 4.724.211,00 DM		Projektleiter: Dr. Fein	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Durchführung des Vorhabens ist in folgende Arbeitspakete unterteilt:

- AP 1: Leitung des Vorhabens
 Organisatorische und koordinierende Tätigkeiten
 Erstellung des Anwenderhandbuchs und der Dokumentation
 Durchführung regelmäßiger Statusgespräche
 Ab- und Übernahme des Programms
 Berichtswesen

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Aus gemittelten Durchbruchkurven für lineare Sorption lassen sich homogene Ersatzparameter bestimmen, die das zugehörige heterogene Medium gut beschreiben. Im Falle nicht-linearer Sorption führen dispersive Flüsse an der Konzentrationsfront zu Abweichungen. Zur Reduktion der Knotenzahlen bei heterogenen Problemen wurde das Coarse-Graining eingeführt. Dabei werden großskalige Effekte berücksichtigt und kleinskalige Effekte gemittelt, d.h. durch effektive Parameter beschrieben.

Der a posteriori Fehlerschätzer wurde untersucht und getestet. Das Operatorsplitting wurde auf nicht-lineare Sorption erweitert. Die Einbindung von Schadstoffquellen wurde in den Programmcode integriert. Die flussbasierten MOC-Methoden wurden für die Anwendung auf den Transport mehrerer Schadstoffe mit unterschiedlichen Retardationsfaktoren weiterentwickelt. Es wurden erste Tests mit einer sehr großen Anzahl von Variablen durchgeführt.

Multidimensionale Daten können als Partikelwolke im Dreidimensionalen dargestellt werden. Weiterhin können Bilanzierungen über ausgewählte Domains durchgeführt werden. Bei Movies gibt es mehrere Möglichkeiten die Zeit einzublenden. Es gibt inzwischen die erste Version eines vereinfachten Interfaces zu Grape: Baby-Grape. Bei diesem Interface ist die Bedienung durch Einschränkungen auf Standarddarstellungen sehr stark vereinfacht; man kann aber jederzeit zum vollständigen Grape zurück.

Es wurden weitere Testfälle berechnet. Die Anforderungen an den Abschlußbericht und die Dokumentation wurde festgelegt und beim Statusgespräch vorgestellt.

Am 28. - 30. November 2001 fand in Braunschweig das 6. Statusgespräch statt.

4. Ergebnisse

keine

5. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten werden entsprechend der im Antrag angegebenen Vorgehensweise fortgesetzt.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Fein, E.; Noseck, U.; Kühle, T.: Recent Developments in the Modelling of Transport and Retention of Radionuclides in Porous Media. Beitrag zu 8th International Conference on "Chemistry and Migration Behaviour of Actinides and Fission Products in the Geosphere", Migration '01, Bregenz, Österreich, 16-21 September 2001.

Frolkovic, P.: Flux-based method of characteristics for contaminant transport in flowing groundwater. Computing and Visualization in Science (eingereicht), 21. November 2001.

Klöforn, R.; Kröner, D.; Ohlberger, M.: Local adaptive methods for convection dominated problems. Preprint 01-29, Mathematische Fakultät Freiburg 2001, Int. J. Numer. Methods Fluids, 2001.

Auftragnehmer: IfG, Friederikenstr. 60, 04279 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 E 9158	
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Spannungsumlagerungen (BARIAN)			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.1998 bis 31.12.2001		Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.576.387,00 DM		Projektleiter: Dr. Kamlot	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Weiterführung und Auswertung der Konvergenzmessungen.
- Wiederholungsmessung Spannungssondierung im Steinsalz.
- Nachweis der Risslage mit Schallemissionsmessungen.

4. Ergebnisse

Die Konvergenzmessungen in der Zufahrt zum Anhydritmessort liefern schon seit etwa 1,5 Jahren einen deutlichen Beleg für die Annäherung der Abbaufont. Die erhöhten Gebirgsspannungen haben zu einer größeren Kriechrate geführt. Die im November 2001 im unmittelbar zum Anhydrit benachbarten Steinsalz durchgeführten Spannungssondierungen mit einer Schallemissionsanalyse zur Rissortung konnten erstmals gleichfalls eine Veränderung des Spannungszustandes nachweisen. Die Minimalspannung hat sich geringfügig erhöht und die Richtung orientiert sich an der gegenwärtig aufgefahrenen Abbaukammer.

5. Geplante Weiterarbeiten

Abschluss des Vorhabens zum Ende des Berichtszeitraumes.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9168	
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Gebirgsspannungsumlagerungen (BARIAN)			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.1998 bis 31.12.2001		Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.858.178,00 DM		Projektleiter: Dr. Flach	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Aus betrieblichen Gründen mussten Mitte Januar 2001 von den insgesamt 16 Sonden des seismischen Arrays 11 von der Datenerfassung getrennt werden. Ein Wiederanschluss der Sonden war erst ab Juli 2001 möglich. Ab Anfang Juli waren 11 Aufnehmer wieder in Betrieb, ab Ende Juli 15. Der letzte Aufnehmer wurde im November angeschlossen.

Datensicherung und Wartung wurden plangemäß durchgeführt.

4. Ergebnisse

Die seit Juli aufgezeichneten Ereignisse werden bezüglich Herdlokation und Ereignishäufigkeit ausgewertet.

Allerdings ist der sich aus Süden nähernde Abbau immer noch zu weit vom seismischen Array entfernt, um signifikante Auswirkungen auf die Seismizität zu zeigen. Daher wurde eine Verlängerung des Projektes beantragt.

5. Geplante Weiterarbeiten

Registrierung, Auswertung und Interpretation der weiteren seismischen Signale, sowie graphische Darstellung der seismisch "aktiven" Bereiche im Rahmen einer Projektverlängerung. Erstellung des Abschlussberichtes.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Abschlussbericht in Vorbereitung

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9178	
Vorhabensbezeichnung: Aktualisierung sicherheitsanalytischer Rechenprogramme für Teilsysteme eines Endlagers (ARTE)			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.1999 bis 30.09.2003		Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.703.026,00 DM		Projektleiter: Dr. Buhmann	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

3. Durchgeführte Arbeiten

AS1: Erarbeitung einer FEP-Liste für die Wiederaufsättigung des Bentonits im Rahmen der Kofinanzierung mit dem EU-Projekt BENIPA. Erweiterung der Ergebnisausgabe des Moduls GRAPOS.

AS2: Beginn der Programmänderungen zum Einbau des Effektes "Kolloide in Klüften"

AS5: Vorbereitung eines Auftrages zur Anpassung des Statistik-Präprozessors

4. Ergebnisse

AS1: Eine verbesserte Version des Moduls GRAPOS liegt vor.

AS2: Es liegen noch keine Ergebnisse vor.

AS5: Es liegen noch keine Ergebnisse vor.

5. Geplante Weiterarbeiten

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

AS5: Erteilung eines Auftrages an den Programmentwickler zur Verbesserung des Statistik-Prä- und Postprozessors. Test und Dokumentation der Statistik-Werkzeuge.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9188	
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Gas- und Wasserfreisetzung und der Wasserverteilung im Erhitzerversuch im OPALINUS-Ton des Mont Terri-Tunnels			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten			
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1998 bis 31.12.2001		Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.185.781,00 DM		Projektleiter: Dr. Jockwer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Vorhaben (Arbeiten der GRS) untergliedert sich in:

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

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Die Ursache des zu geringen Poreninnendruckes im Wirtsgesteins des Versuchsfeldes konnten bisher nicht geklärt werden. Von der Firma Solexperts werden daher zusätzlich Messungen zur Permeabilität durchgeführt. Von GRS wurden hierfür die Daten der Gasfreisetzungen und der elektrischen Widerstandsmessung bereitgestellt und den Partner erläutert. Die Messungen zur Permeabilität sollen bis Februar 2002 abgeschlossen werden.

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

Im Labor wurden weitere Messungen zu thermischen Gasfreisetzung an Probenmaterial aus dem Versuchsfeld durchgeführt.

Für die Interpretation der geoelektrischen Messungen im Versuchsfeld wurden für Kalibrierungen in Labor Probenmaterial beschafft, präpariert und erste Messungen im Ausgangszustand durchgeführt.

Die im HE-Versuchsfeld installierte geoelektrische Anlage wurde erweitert, so dass sie zusätzlich für Messungen im VE-Testfeld eingesetzt werden kann.

Für den Bewilligungszeitraum vom Oktober 1998 bis Dezember 2001 wird z. Z. der Abschlussbericht erstellt, die hierfür notwendigen Daten wurden zusammengefasst.

4. Ergebnisse

Im nicht aufgeheiztem Zustand des Wirtsgesteins hat sich offensichtlich ein stationärer Zustand eingestellt, jedoch ist die Konzentration der Gaskomponenten CO₂, CH₄ und He in den Untersuchungsbohrlöchern sehr verschieden und lässt auf Inhomogenitäten im Gebirge schließen.

Die geoelektrischen Messungen in nicht aufgeheiztem Gebirge zeigen weiterhin kein signifikante Widerstandsänderungen. Die im Labor durchgeführten geoelektrischen Kalibriermessungen im Ausgangszustand ergaben relative Widerstände von 21 bis 35 Ωm und stimmen gut mit den in situ gemessenen Werten überein.

Die Laboruntersuchungen zur Gasfreisetzung ergaben, dass signifikanten Mengen von Kohlendioxid und Kohlenwasserstoffen aus dem Opalinus Ton thermisch freigesetzt werden. Die Werte und Abhängigkeiten werden im Abschlussbericht zusammengefasst.

5. Geplante Weiterarbeiten

Von der Vorhabensleitung (ENRESA) ist geplant die elektrischen Erhitzer im 1. Quartal 2002 einzuschalten.

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

Im Labor sind weitere elektrische Leitfähigkeitsmessungen an Bohrkernen geplant, um die Leitfähigkeitsmessungen im Gebirge zu kalibrieren.

Erstellung eines Abschlussberichtes.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9198	
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Gasausbreitung in den technischen Barrieren Beton und Bentonit sowie im Granit im Felslabors Grimsel (Phase V)			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1998 bis 30.09.2002		Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 870.714,00 DM		Projektleiter: Dr. Jockwer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Vorhaben (Arbeiten der GRS) untergliedert sich in:

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

3. Durchgeführte Arbeiten

In Zusammenarbeit mit NAGRA und Solexperts wurde vor dem Abschlussbauwerk eine Ventilstation mit Druckaufnehmern installiert um Gas- und Wasserproben aus den verschiedenen Bauwerkskomponenten für die Analyse zu entnehmen und um Gasinjektionstest durchzuführen.

Im August 2001 wurde von NAGRA und Solexperts mit der Flutung des Tonversatzes um das Silo und in der Strecke begonnen, die Flutung ist noch nicht abgeschlossen.

Aus den verschiedenen in den Bauwerkskomponenten und im Gebirge installierten Gasprobensystemen wurden vor und während der Flutung Gas- und Wasserproben zur Analyse entnommen.

4. Ergebnisse

In den Gasprobenehmern, die im Betonsilo und in der Bentonitabdichtung eingebaut sind, konnten infolge Karbonatzersetzung, Oxidation von organischen Komponenten und Metallkorrosion der Einbauten sowie der Betonbewehrung 0,1 bis 0,5 vol% Kohlendioxid und 0,2 bis 0,4 vol% Wasserstoff nachgewiesen werden. In den Gasprobenehmern im umliegenden Gebirge waren oberhalb der Nachweisgrenze nur Kohlendioxid bis zu 0,05 vol% nachweisbar. Seit Abschluss der Bauarbeiten hat sich aber noch kein stationärer Zustand eingestellt, so dass mit einem weiteren Konzentrationsanstieg zu rechnen ist.

Für die weiteren Untersuchungen scheiden daher Wasserstoff und Kohlendioxid als Tracergase zur Untersuchung der Gasausbreitung aus.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Aufzeichnung der sich einstellenden Fluiddrücke in den verschiedenen Bauwerkskomponenten.
- Gasprobenahme aus den verschiedenen Bauwerkskomponenten und Analyse zur Ermittlung der Ausgangswerte und des sich einstellenden Gleichgewichtes während der Flutungsphase.
- Injektion von Tracergasen.
- Gasprobenahme aus den verschiedenen Bauwerkskomponenten und Analyse zur Ermittlung der Ausbreitung der Tracergase.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

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

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9208
Vorhabensbezeichnung: Felslabor Grimsel (Phase V): Effektive Parameter (EFP) -Begleitende geoelektrische Untersuchungen-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1998 bis 30.09.2001	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 30.09.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 403.898,00 DM	Projektleiter: Dr. Flach	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Die geplanten geoelektrischen Messungen (Wenner- und Dipol-Dipol-Anordnungen) wurden erfolgreich durchgeführt und abgeschlossen. Die gewonnenen Daten wurden ausgewertet. Der Abschlussbericht ist in Vorbereitung.

4. Ergebnisse

Die Messwerte zeigen eine deutliche Absenkung des scheinbaren spezifischen Widerstandes während des Tracerversuchs. Aus den Ergebnissen der tomographischen Inversion lassen sich sowohl Bereiche erniedrigter Resistivität als auch durch die Injektion relativ unbeeinflusste Bereiche ermitteln. Die Auswertung verschiedener Schnittebenen führt zu konsistenten Ergebnissen.

5. Geplante Weiterarbeiten

Erstellung des Abschlussberichtes.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: BGR, Stilleweg 2, 30655 Hannover		Förderkennzeichen: 02 E 9218
Vorhabensbezeichnung: Deutsch-Schweizerische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung (Felslabor Grimsel Phase V). Teilprojekt I: Effektive Parameters (EFP); Teilprojekt II: Numerical Calculation of Two-Phase Flow		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1998 bis 30.06.2002	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.032.524,00 DM	Projektleiter: Dr. Shao	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

EFP

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

Die folgenden Teilziele sollen erreicht werden:

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

GMT

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

EFP

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

GMT

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

3. Durchgeführte ArbeitenEFP

- Einspeisung von zwei Fluoreszenzfarbstoffen (200 g Uranin und 500 g Eosin) in jeweils eine der 1999 abgeteufte EFP-Bohrungen. Zusätzlich wurden noch 10 kg in Wasser vorgelöstes Strontiumchlorid-Hexahydrat (nicht-radioaktives Sr0) eingespeist. Die Multi-Tracerexperimente sollen unterschiedliche Fließsysteme aufdecken und die schwach sorptive Ausbreitung des Strontiums untersuchen.
- Aus den geoelektrischen Versuchen in Kombination mit dem Salztracer-Test konnten durch Messung des scheinbaren Widerstandes insgesamt 96 Durchbruchkurven ermittelt werden. Die zeitabhängigen Durchbruchkurven wurden in ein Video überführt, welches auf der NAGRA-Homepage eingestellt wird.

GMT

- Vorausberechnung von In-situ-Versuchen mit dem Zweiphasenflussmodul
- Vorstellung des Modellergebnisses im Projektmeeting in Tokyo (Japan)

4. ErgebnisseEFP

- Während der Salztracer-Versuche wurden an den Testbohrungen die Pumpratzen und hydraulischen Drücke gemessen. Aus den Durchbruchkurven konnten daher die Abstandsgeschwindigkeiten und die Transmissivitäten des getesteten Abschnittes errechnet werden.
- Der Durchbruch des Salztracers erfolgt weitestgehend in Übereinstimmung mit den numerischen Vorwärtsrechnungen.
- Die unterschiedlich schnellen Durchbrüche des Salztracers in unterschiedlicher Konzentration belegen die starke Heterogenität des Kluftbereiches und untermauern die Existenz eines Kluftnetzwerkes.
- Die scheinbare Mächtigkeit des Kluftnetzwerkes schwankt zwischen 10 und 15 m. Die Mächtigkeit des Kluftnetzwerkes steht in Übereinstimmung mit geostatistischen Auswertungen des Kluftabstandes (Semi-Variogramme) und Ergebnissen aus Doppelpacker-Versuchen.

GMT

- Der zeitliche Druckaufbau in den Aufsättigungs- und Gasinjektionsphasen stimmt mit den Ergebnissen aus Vergleichsrechnungen (TOUGH2 und Code_Bright) gut überein.

5. Geplante WeiterarbeitenEFP

- Auswertung der noch andauernden Multi-Tracerversuche mit unterschiedlichen Fluoreszenzfarbstoffen und Strontiumsalz im Hochdruckbereich.
- Bewertung von Modellergebnissen aus verschiedenen Codes mit Berücksichtigung der In-situ-Messdaten
- Zusammenstellung aller Auswertungen und Bewertungen im Abschlussbericht

GMT

- Numerische Modellierung von Zweiphasen-Aufsättigungs- und Gasinjektionsprozessen anhand von Versuchsdaten
- Bericht über Vergleichsrechnungen

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9239
Vorhabensbezeichnung: Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2000 bis 31.07.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 3.037.133,00 DM	Projektleiter: Dr. Brewitz	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

TA 1: Bearbeitung grundlegender Aspekte:

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

TA 2: Detaillierte Arbeiten zu ausgewählten Einzelthemen:

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- TA 1: - Teilnahme an der Tagung der Akademie der Wissenschaften in Paris: eingeladener Vortrag
- Teilnahme an der Sitzung der IGSC-Group der NEA.
 - Sichtung der von der NEA im Rahmen des Sorptionsprojekts verschickten Daten und Vorbereitung der geochemischen Modellrechnungen zur Oberflächenkomplexierung.
 - Untersuchung der Sinnfälligkeit bestehender Kriterien verschiedener Länder zur Einteilung radioaktiver Abfälle in verschiedene Klassen.
 - Zusammenfassende Vorstellung der Arbeiten zur Modellierung des kolloidgetragenen Schadstofftransports auf der Eurosafe 2001 in Paris.

- Erstellung des gemeinsamen Beitrages mit FZK-INE „Impact of humic colloids on actinide migration with regard to performance assessment“ für die Tagung Migration'01.
 - Teilnahme an der Abschlusspräsentation des FZK-INE zum Integrierten „Nahfeldmodell, Standort Gorleben“ mit einem eigenen Beitrag zum Thema Relevanz der Quellterme für die Langzeitsicherheitsanalyse.
EU-Projekt SPIN: Teilnahme am 3. Arbeitstreffen im August in Helsinki. Nachrechnung der ausgewählten Langzeitsicherheitsanalysen mit dem 2. Satz von Indikatoren. Vorstellung des Projekts SPIN auf dem Koordinations-Meeting „Use of Selected Safety Indicators in the Assessment of Radioactive Waste Disposal“ der IAEA-Arbeitsgruppe.
 - Teilnahme an einer Arbeitssitzung mit BGR, DBE und VNIPI, Moskau und Radium Institut, St. Petersburg. Thema war die fachliche Vorstellung der Arbeiten, die im Rahmen der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit durchgeführt werden sollen und die der Standortauswahl und Errichtung eines Untertagelabors im Granit bei Krasnojarsk dienen.
- TA 2: - Überarbeitung des Konvergenzansatzes: Implementation der expliziten Zeitabhängigkeit der Konvergenz von offenen Hohlräumen und Erweiterung des bisherigen Ansatzes um die Berücksichtigung der Stützwirkung unterschiedlicher Arten von Versatz. Vergleich des neuen Ansatzes mit gebirgsmechanischen Rechnungen der DBE.
- Teilnahme am Vorbereitungsgespräch zur Beantragung eines Netzwerks über Natürliche Analoga im Rahmen des 5. Rahmenprogramms der Europäischen Kommission

4. Ergebnisse

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

5. Geplante Weiterarbeiten

- TA 1: - Teilnahme an der Sitzungen des RWMC.
- Mitarbeit in der Arbeitsgruppe „Management of radioactive waste“ des Consultative Committee Euratom-Fission
 - Teilnahme an der Arbeitssitzung des von der GRS Köln koordinierten Arbeitskreises über Szenarienanalysen im Rahmen des Nachweises der Langzeitsicherheit von Endlagern.
 - Durchführung der Modellrechnungen zur Oberflächenkomplexierung im Rahmen des Sorptionsprojekts Phase II der NEA.
 - EU-Projekt SPIN: Zusammenstellung von Referenzwerten für Sicherheitsindikatoren. Erarbeitung eines abschließenden Vorschlags zur Verwendung von Performance- und Sicherheitsindikatoren in zukünftigen Langzeitsicherheitsanalysen. Dokumentation der Projektergebnisse inklusive Broschüren für die Öffentlichkeit und des Abschlußberichts.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine		Förderkennzeichen: 02 E 9249
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung und In-situ-Erprobung faseroptischer Überwachungssysteme unter dem Aspekt des Nachweises der Betriebssicherheit in einem Endlager		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2000 bis 31.07.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 3.705.000,00 DM	Projektleiter: M. Jobmann	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Zu 1: Mit der Wismut GmbH wurde ein In-situ-Test eines optischen pH-Sensors im Laugungsbergwerk Königstein vereinbart.

Zu 4: Der Prototyp eines optischen pH-Sensors wurde im Labor bis zur Testreife weiterentwickelt und für einen In-situ-Test im Laugungsbergwerk Königstein (Wismut GmbH) vorbereitet und im November installiert. Zusätzlich wurde ein externer Temperatursensor eingebaut, der die Temperaturkompensation während der Testphase verbessern soll, da eine langfristige Temperaturabhängigkeit erwartet wird.

Der erste Teil der Installation der faseroptischen Sensoren im Endlager Morsleben wurde im Dezember planmäßig durchgeführt. Installiert wurden 3 optische Fissurometer und zwei Feuchtedetektoren in einem Abbau auf der 1. Sohle. Die Messwert-Erfassungsanlage wurde auf der 2. Sohle in der Nähe der für den Einbau des optischen Extensometers vorbereiteten Bohrung installiert. Das System hat den Messbetrieb aufgenommen.

Im Felslabor Grimsel (Granit) der NAGRA (Schweiz) wurden faseroptische Sensoren im Rahmen eines von der Japanischen Firma RWMC durchgeführten Versuches installiert, um ihre Funktionalität innerhalb einer geotechnischen Barriere zu überprüfen. Gemessen werden Temperatur, Feuchte und Druck..

Die Messungen der im Schacht Konrad installierten faseroptischen Demonstrationsanlage wurden planmäßig fortgeführt.

4. Ergebnisse

keine

5. Geplante Weiterarbeiten

Konrad: Kontinuierliche Fortführung der Messungen

Grimsel: Kontinuierliche Fortführung der Messungen und Fehleranalyse

Morsleben: Kontinuierliche Fortführung der Messungen an den bis dato installierten Sensoren. Nachinstallation eines faseroptischen Dehnungskabels

Königstein: Kontinuierliche Fortführung der Messungen

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: IfG, Friederikenstraße 60, 04279 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 E 9259	
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung des Spannungszustandes und des gebirgsmechanischen Verhaltens von Versatz und Wirtsgestein in Abhängigkeit von der Temperatur			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2000 bis 30.04.2003		Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 265.526,00 DM		Projektleiter: Dr. Kamlot	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Weiterführung der Spannungssondierungen im Pfeiler zwischen den Erhitzerstrecken sowie in einer zusätzlichen Bohrung im Bereich der nördlichen Zufahrtsstrecke außerhalb des erwärmten Gebirgsbereiches.
- Auswertung der Porositäts-, Permeabilitäts- und Tragfähigkeitsuntersuchungen am Versatz.
- Auswertung der Festigkeitsuntersuchungen am Steinsalz (Bohrung K1 im Zwischenpfeiler).
- Beginn der gekoppelten thermo-mechanischen Modellrechnungen.

4. Ergebnisse

- Die Spannungssondierungen weisen in der gegenwärtigen Abkühlphase einen Aufbau der minimalen Druckeinspannung im erwärmten Zwischenpfeiler und eine Verringerung der Spannung im benachbarten kühleren Gebirge aus. Das ist auf eine gebirgsmechanische Wechselwirkung zurückzuführen, die mit Modellrechnungen nachvollzogen werden soll. Die ersten Fallstudien zur Versatztragfähigkeit in Wechselwirkung mit der Streckenkongruenz unter dem Temperatureinfluss wurden durchgeführt.
- Die Auswertung der Laborversuche am Versatz führte zu einem Seitendruckkoeffizienten von 40 % bis 50 % und zu einem Tragwiderstand, der mit einem modifizierten Stoffansatz nach HEIN beschrieben werden kann.

5. Geplante Weiterarbeiten

Entsprechend der Vorhabensbeschreibung.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Präsentation zum 3. Projektkoordinierungsgespräch BAMBUS II am 25. und 26.09.2001 in Petten

Zuarbeit zum 1. Jahresreport August 2000 bis Juli 2001.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9269	
Vorhabensbezeichnung: Abschließende Auswertung des Projektes „Thermische Simulation der Streckenlagerung / Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar“			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2000 bis 30.04.2003		Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 601.041,00 DM		Projektleiter: Dipl.-Geophys. Rothfuchs	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Projekt "Thermische Simulation der Streckenlagerung / Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar" wurde die direkte Endlagerung von Brennelementen in selbstabschirmenden Behältern in versetzten Endlagerstrecken in einer Salzformation simuliert. Die Aufheizung wurde am 25.09.1990 gestartet und am 1.02.1999 nach mehr als achtjähriger Versuchsdauer beendet. Die thermischen und thermomechanischen Bedingungen im Versatz und Gebirge wurden mit einem geotechnischen Messprogramm erfasst. Die Konvergenz des Steinsalzes und die Kompaktion des Versatzes verliefen deutlich langsamer als erwartet. Um die Ursachen hierfür zu ermitteln, wird eine Versuchsstrecke wiederaufgefahren, um Nachuntersuchungen am Versatz und den Messinstrumenten zu ermöglichen. Mit dieser abschließenden Phase wird das Projekt beendet. Die gewonnenen Erkenntnisse werden zusammengestellt und vertieft, so dass die numerischen Modelle weiterentwickelt und den realen Verhältnissen angepasst werden können.

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Abschließende Untersuchung der Porositäts- und Permeabilitätsverteilung im Streckenversatz
- Untersuchung des Restwasser- und Restgasgehaltes von Versatzproben
- Untersuchung der Auflockerungszone (ALZ) im Bereich der Bohrungen P3 und P4
- Festigkeitsuntersuchungen an den Kernproben aus den Bohrungen K4 bis K6

4. Ergebnisse

- Die Porositäts- bzw. Permeabilitätsverteilung im Streckenversatz wurde im Bohrloch K3 und in den Messquerschnitten E1, D1, G1 und B+1 untersucht. Vom kalten Streckeneingang her nimmt die Porosität von 0,37 auf 0,19 im beheizten Zentralteil ab. Die im Labor bestimmten Messwerte stimmen gut mit den aus den In-situ-Messungen abgeleiteten Werten überein. Die Versatzpermeabilität schwankt insgesamt um den Wert $1\text{E-}11\text{ m}^2$, der bereits in situ gemessen wurde.
- Die Restwasser- und Restgasgehalte wurden an Kernproben der Bohrungen K4 bis K6 am Messquerschnitt I1 gemessen. Der Wassergehalt zwischen 0,03 und 0,05 Gew.% stimmt recht gut mit dem von Jockwer (1981) bestimmten mittleren Wassergehalt von Asse-Steinsalz überein. Der Restgasgehalt entspricht normaler Grubenluft. Korrosionswasserstoff und Methan sind nach Erhitzeabschaltung und Wiederauffahrung des Versuchsfeldes nicht mehr nachweisbar.
- Zur Untersuchung der ALZ im Bereich der Bohrungen P3 (1,5 m nördlich von Strecke B) und P4 (0,5 m südlich von Strecke A) wurde die Permeabilität an je zwei Kernen aus dem kalten Bereich (ca. 5 m Bohrtiefe) und dem heißen Bereich (ca. 26 m Bohrtiefe) gemessen. Die Permeabilitäten schwanken zwischen $1\text{E-}18$ und $1\text{E-}21\text{ m}^2$. Eine Korrelation zwischen höherer Permeabilität und niedriger Stoßentfernung zur Festlegung einer ALZ ist nicht möglich. Die Messwerte von $5\text{E-}20$ und $7\text{E-}21\text{ m}^2$ im heißen Bereich der Bohrung P4 deuten allerdings auf eine Verheilung der ALZ hin. Eine eindeutige Manteldruckabhängigkeit der Permeabilität der Proben aus den Bohrungen P3 und P4 konnte nicht festgestellt werden.
- Triaxiale Festigkeitsuntersuchungen wurden an 6 Kernproben ($D=280\text{mm}$ / $L=510\text{-}710\text{ mm}$) aus den Bohrungen K4, K5 und K6 bei Raumtemperatur durchgeführt. Die Kohäsion wurde zu 0,3 MPa und der innere Reibungswinkel zu 43° bestimmt. Sowohl die unter den Labor- als auch die unter den In-situ-Bedingungen (hohe Temperatur und niedrige Kompaktionsraten) erzielte Kompaktion lässt sich gut mit einer einheitlichen Parameterserie beschreiben.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Abschließende Bewertung der Messergebnisse unter Berücksichtigung der Nachkalibrierungsergebnisse der geborgenen Messinstrumentierung
- Chemisch-mineralogische Analysen an Kernproben von Messquerschnitten D1 und A

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

T. Rothfuchs, J. Droste, Ch. Zhang: Determination of coupled hydraulic-mechanical properties of salt backfill: Post-test analyses of in-situ measurements in the Asse mine, Proc. EUROSAFE Paris 2001, 5 & 6 November 2001

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9279
Vorhabensbezeichnung: Goelektrische Untersuchung der Aufsättigung von Bentonitbarrieren im HRL-Äspö-Projekt „Prototype Repository“		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2000 bis 29.02.2004	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 957.692,00 DM	Projektleiter: Dipl.-Geophys. Rothfuchs	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- AP 1:-** Durchführung weiterer Modellrechnungen zur Auslegung des Elektrodenarrays im Buffer des Einlagerungsbohrlochs 5
- Installation des Arrays im Streckenversatz über dem Einlagerungsbohrloch 3
 - Installation der neuen Messanlage

- Herstellung und Installation der Elektrodenketten für das Array zwischen den Bohrlöchern 5 und 6
- Erstellung eines Zwischenberichtes über die Auslegung der Messarrays und der Messanlage sowie der Laborkalibrierungen

AP 2:- Weiterführung der Laborkalibrierungen am Streckenversatz

4. Ergebnisse

AP 1:

- Die neuen Kalibrierungs- und Modellierungsergebnisse für den Buffer lassen am Einlagerungsbohrloch 5 eine relativ gute Auflösung der Resistivitätsänderungen infolge der Bentonitaufsättigung erwarten. Die Widerstandsabsenkung von 7 auf 2 Ωm wurde in den Inversionen repräsentativ abgebildet.
- Nach Beginn der Messungen wurde eine relativ gleichmäßige Resistivitätsverteilung im Streckenversatz gemessen. Die Resistivitäten liegen zwischen 12 und 17 Ωm , was dem von SKB angegebenen Anfangswassergehalt von 12 bis 13% gut entspricht.
- Die Messketten für das Array zwischen den Einlagerungsbohrlöchern 5 und 6 wurden in der GRS-Werkstatt gefertigt und stehen für die Installation im Januar 2002 bereit.
- Im Rahmen des Projekt-Vertrages mit der Europäischen Kommission wurde im August 2002 ein Zwischenbericht über die bis dahin durchgeführten geoelektrischen Messungen erstellt (Deliverable D9).

AP 2:

- Die Laborkalibrierungen für den Streckenversatz (Milos-Bentonit) wurden bei erhöhter Temperatur weitergeführt. Die Messungen bei 35 °C sind abgeschlossen, die bei 50 °C sind zu 30 % durchgeführt. Es zeigte sich, dass infolge der Temperaturerhöhung auf 35 °C Resistivitätsabsenkungen um etwa 50 % bei 13% Wassergehalt und 12 % bei 33 % Wassergehalt zu berücksichtigen sind.

5. Geplante Weiterarbeiten

AP 1:- Weiterführung der Installationen im Buffer und Versatz und sequentieller Beginn der Messungen in den Beobachtungsgebieten

AP 2:- Abschluss der Laborkalibrierungen im 1. Halbjahr 2002

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine	Förderkennzeichen: 02 E 9289
Vorhabensbezeichnung: Versuchsfeldaufwältigung und Rückgewinnung von Materialproben und Messeinrichtungen	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2000 bis 30.04.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.100.623,00 DM	Projektleiter: Dipl.-Ing. Bollingerfehr

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Im Rahmen des Gemeinschaftsvorhabens arbeitet die DBE an folgenden Arbeitspaketen:

AP 5: Messinstrumente

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

AP 6: Modellierung

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

AP 7: Retrievability

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

AP 8: Dokumentation

- Dokumentation der Ergebnisse des seit 1985 bearbeiteten Projekts

AP 9: Versuchsfeldbetrieb

- Aufwältigung der Versuchsstrecke
- Probenahme an Versatzmaterial

3. Durchgeführte Arbeiten

- AP 5: Der Plan zur Nachuntersuchung von Konvergenz- und Temperaturmessgeräten wurde fertiggestellt. Der Hersteller hat mit den Nachuntersuchungen begonnen.
- AP 6: Durch Testrechnungen wurde eine Verifikation des Heinschen Stoffgesetzes an Hand des Benchmarks BAMBUS I durchgeführt. Als Ergebnis zeigte sich, dass numerische Stabilisierungen im Anfangsbereich erforderlich sind.
- AP 7: Die Untersuchungen zur Rückholbarkeit von POLLUX-Behältern wurden weitergeführt.
- AP 9: Das Arbeitspaket wurde mit der teilweisen Freilegung des dritten Versuchsbehälters in der nördlichen Versuchsstrecke abgeschlossen.

4. Ergebnisse

keine

5. Geplante Weiterarbeiten

- AP 5: Erarbeitung von Empfehlungen zur Verbesserung von Messinstrumenten beim Einsatz von Langzeitmessungen in einem Endlager.
- AP 6: Die Testrechnungen mit dem Heinschen Stoffgesetz werden fortgeführt und eine 3 D-Berechnung der Benchmarksimulation wird mit einem vereinfachten Stoffgesetz durchgeführt.
- AP 7: Erstellen des Berichtes über Rückholungsuntersuchungen von POLLUX-Behältern.
- AP 8: Die Systematik für die Dokumentation der Projektergebnisse wird entwickelt und abgestimmt.
- AP 9: Das Arbeitspaket wurde abgeschlossen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Bechthold, W.; Bollingerfehr, W.: Backfilling and Sealing of Underground Repositories for Radioactive Waste in Salt, Phase II (BAMBUS Project), 2nd CLUSTER URL's Seminar, Mol (B), September 2001, Europäische Kommission (im Druck)

Zuwendungsempfänger: FZR, Bautzner Landstraße 128, 01314 Dresden		Förderkennzeichen: 02 E 9299
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen über die Komplexierung und die Migration von Aktiniden und nichtradioaktiven Stoffen mit Huminsäuren unter geogenen Bedingungen – Komplexierung von Huminsäuren mit Aktiniden in der Oxidationsstufe IV Th, U, Np		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2000 bis 30.11.2002	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 692.000,00 DM	Projektleiter: Dr. Bernhard	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Fortführung der Synthese von Huminsäuren (HS) mit ausgeprägter Redoxfunktionalität; Charakterisierung der HS hinsichtlich Elementzusammensetzung, Struktur und Funktionalität sowie hinsichtlich ihres Reduktionsvermögens gegenüber Fe(III)-Ionen
- Fortführung NIR-spektroskopischer Untersuchungen zur Np(V)-Komplexierung nichtmodifizierter und modifizierter (phenol. OH blockiert) HS bei pH 7 und pH 8
- Untersuchung der Np(V)-Sorption an Granit und dessen mineralischen Hauptkomponenten in Abwesenheit und in Gegenwart von HS; Einsatz der ¹⁴C-markierten synthetischen HS vom Typ M42
- Durchführung von Speziationsberechnungen mit modifizierter EQ3/6 Software in Hinblick auf die Untersuchungen zur Np-Sorption an Granit
- XANES/EXAFS-Untersuchungen an Np(V)-Komplexen mit 2,3-Dihydroxybenzoesäure
- Entwicklung eines Prototyps einer digitalen Datenbank für Komplexierungsreaktionen mit HS; Überprüfung mit Testdaten

4. Ergebnisse

Basierend auf der Oxidation von Hydrochinon in alkalischer Lösung in An- und Abwesenheit von Aminosäuren wurden erste HS mit ausgeprägten Reduktionskapazitäten synthetisiert und charakterisiert. Gegenüber Fe(III)-Ionen (pH 3, I: 0.1 M KCl) zeigen diese signifikant größere Reduktionskapazitäten als die HS Aldrich und Typ M42.

Für die modifizierten und nichtmodifizierten HS Typ M42 und Aldrich wurden Komplexbildungsdaten ($\log \beta$, LC) bestimmt. Die Ergebnisse zeigen eine vom pH-Wert abhängige Abnahme der Molfraktion an maximal verfügbaren Komplexbildungsstellen der HS infolge der Phenolgruppenblockierung und weisen somit auf eine Beteiligung phenolischer OH-Gruppen an der Np-Komplexierung hin.

Die Np-Sorption an Granit wird durch HS verringert. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Np-Sorption an Granit durch die mineralische Komponente Biotit dominiert wird.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Durchführung von Batch- und Säulenexperimente zum Migrationsverhalten von U(IV) im Laborsystem Quarz/Wasser/¹⁴C-markierte synthetische HS Typ M42; Voruntersuchungen mit Th(IV)
- Synthese ¹⁴C-markierter HS vom Typ M42 (spezifische Aktivität: ~ 20 MBq/g) für Projektpartner am IIF in Leipzig
- Untersuchungen zur U(IV)-Komplexierung durch synthetische und natürliche HS
- Untersuchung der Redoxstabilität von U-Huminsäure-Komplexen
- Speziationsberechnungen mit modifizierter EQ3/6 Software zu aktuellen Arbeiten

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Konferenzbeiträge Migration'01 (Bregenz, 16.-21.09.2001): Sachs, S. et al: Interaction of Neptunium(V) with Humic Acids of Different Functionalities. Schmeide, K. et al.: Neptunium(V) Sorption onto Granite and its Mineral Constituents in the Absence and Presence of Humic Acid.

Zuwendungsempfänger: Johannes Gutenberg-Universität, Fritz-Strassmann-Weg 2, 55128 Mainz		Förderkennzeichen: 02 E 9309
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen über das Komplexierungsverhalten von Huminsäuren und deren Einfluss auf die Migration von radioaktiven und nichtradioaktiven Stoffen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2000 bis 31.12.2002	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 822.000,00 DM	Projektleiter: Dr. Trautmann	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

(Universität Mainz und Universität Saarbrücken als Auftragnehmer)

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

Komplexbildung von Zn, Cd und Pb mit synthetischen Huminsäuren; Untersuchungen zur Konkurrenzsituation bei Komplexierungsreaktionen mit Huminsäuren sowie zur Wechselwirkung zwischen Anionen und Huminstoffen in Batch- und Säulenversuchen (Institut für Anorganische und Analytische Chemie und Radiochemie Saarbrücken).

3. Durchgeführte Arbeiten

Die CE-ICP-MS Kopplung wurde weiterentwickelt und gemeinsame Experimente mit der Uni Saarbrücken und dem Institut für Nukleare Entsorgung des Forschungszentrums Karlsruhe durchgeführt. Die Trennung der Modellionen wurde optimiert, und es wurde versucht, die verschiedenen Oxidationsstufen von Plutonium, Uran und Neptunium zu trennen. Darüber hinaus wurde die Kinetik der Reduktion von Pu(VI) durch Aldrich-HA und in Gorlebenwasser weiter untersucht (Uni Mainz).

Die Wageningen-Donnan-Membran-Technik (WDMT) wurde eingesetzt, um freie Metallkonzentrationen von Cu, Cd, Pb und Zn zu bestimmen. Es wurde eine leistungsfähige Anionenbestimmung mit-

tels Kapillarelektrophorese entwickelt. Weiterhin wurden Versuche zur Huminsäure-Metallkomplexierung durchgeführt und die Messdaten des Systems Cadmium-Huminsäure mit Hilfe des NICA-Donnan-Modells in Wageningen (Niederlande) ausgewertet (Uni Saarbrücken).

4. Ergebnisse

Die Trennzeiten der Modellionen mit der CE-ICP-MS Kopplung wurden auf etwa 5 min reduziert, und die Nachweisgrenze für Uran wurde auf 5 ppb gesenkt. Ebenso konnte gezeigt werden, dass die Trennung bei direkter Probenaufgabe aus huminsäurehaltigen Lösungen und den Gorlebenproben ähnlich gut ist wie bei Standardlösungen. Für Pu (III-VI) and Np (IV/V) konnte erstmals die Trennung der Oxidationsstufen realisiert werden; für Uran ist dies bislang noch nicht gelungen.

Das System Aldrich-HA und Pu zeigt bei pH 2,5 eine langsame Reduktion des Pu(VI) zu Pu(V); im Gorlebenwasser bei pH 1,7 und 3,5 eine schnelle Reduktion von Pu(VI) zu Pu(V), das dann langsam weiter zu Pu(IV) und Pu(III) reduziert wird. Die Reduktionsgeschwindigkeit nimmt dabei mit steigendem pH-Wert zu (Uni Mainz).

Eine Verbesserung der WDMT-Methode führte zu schnelleren Equilibrierungszeiten; d.h. 16 h anstelle der bisherigen 48 h. Mit UV-VIS-Messungen konnte gezeigt werden, dass die Membran während eines WDMT-Laufs von 24 h undurchlässig für Huminsäure ist. Die Durchlässigkeit der Membran für kleinere Anionen wird noch untersucht. Mit der Kapillarelektrophorese werden Nachweisgrenzen im sub-mikromolaren Bereich für Chlorid erzielt. Bei der Huminsäure-Metallkomplexierung zeigt sich eine Abhängigkeit der Komplexbildungskonstanten von der Probenpräparation. Die Messdaten bei Cd-Huminsäure sind in guter Übereinstimmung mit den berechneten Werten nach dem NICA-Donnan-Modell, obwohl „generic parameters“ verwendet wurden (Uni Saarbrücken).

5. Geplante Weiterarbeiten

Die Experimente zur Kinetik der Reduktion von Pu(VI) sollen mit Gorlebenwasser, Aldrich-HA und den synthetischen Huminsäuren weitergeführt werden, um auch bei neutralem pH-Wert eine Aussage zu den im Gorlebenwasser auftretenden Spezies machen zu können. Weiterhin sind Batch- und Säulenversuche unter naturnahen Bedingungen bei verschiedenen Plutoniumkonzentrationen geplant (Uni Mainz).

Vereinfachung der WDMT-Methode durch gleichzeitiges Messen von Cu, Cd, Zn und Pb in einem Lauf, wobei die Langzeitstabilität des Donnan Gleichgewichts gegenüber Kationen und Anionen überprüft werden muss. Komplexierungsuntersuchungen der Schwermetalle mit Huminsäure mittels WDMT-Methode und Auswertung der Messdaten mit dem NICA-Donnan-Modell. Batchversuche mit den Schwermetallen an der Modellmatrix Seesand in Absprache mit dem INE (Uni Saarbrücken).

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

A. Seibert, A. Mansel, C.M. Marquardt, H. Keller, J.V. Kratz, N. Trautmann: Complexation Behaviour of Neptunium with Humic Acid, *Radiochim. Acta* 89, 505 (2001)

Zuwendungsempfänger: TU Bergakademie Freiberg, Akademiestraße 6, 09596 Freiberg		Förderkennzeichen: 02 E 9319
Vorhabensbezeichnung: Erweiterung der Datenbasis zur thermodynamischen Modellierung der Reaktionen CaSO ₄ -haltiger Minerale und des Glaserits bei Temperaturen bis 200°C		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2000 bis 31.12.2001	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 190.800,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Voigt	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Zur Ermittlung der Glaseritlöslichkeit und -stöchiometrie (AP5) wurden Löslichkeitsuntersuchungen im System K₂SO₄ - Na₂SO₄ - H₂O bei 150°C und 200°C durchgeführt. Die Vorgabe der Bodenkörper erfolgte wie im vorangegangenen Zwischenbericht beschrieben als Gemische aus K₂SO₄ und Na₂SO₄, zum anderen als gequenchte und pulverisierte K₂SO₄-Na₂SO₄ Mischkristalle. Bei Raumtemperatur gesättigte K₂SO₄- bzw. Na₂SO₄-Lösungen wurden in unterschiedlichen Verhältnissen als Ausgangslösungen zugemischt. Die bodenkörperhaltigen Lösungen wurden analog den vorangegangenen Systemen in mit PTFE-Bechern ausgekleideten Ti-Pd-Autoklaven in einem Metallblockthermostaten ca. 1 Woche bei entsprechender Temperatur gerührt. Anschließend wurden die Bodenkörper mittels einer Hochtemperaturzentrifuge von der Lösung getrennt. Die Analyse der Bodenkörper erfolgte ramanspektroskopisch, gravimetrisch und mittels Ionenchromatographie. Die Zusammensetzung der Lösungen wurde mit den beiden letztgenannten Methoden bestimmt.

Für die Modellierung des hexären Systems (AP6) wurden noch fehlende Parameter (Pitzer Gleichung) bestimmt.

4. Ergebnisse

Die Phasengleichgewichte im System $K_2SO_4 - Na_2SO_4 - H_2O$ wurden für 150°C und 200°C bestimmt. Für 100°C wurden die Daten von O. K. YANATEVA et al. /YANA63/ übernommen. Die für 150°C ermittelten Löslichkeiten stimmen im Na_2SO_4 -reichen Konzentrationsbereich sehr gut mit den von L. S. ITKINA et al. /ITKI56/ angegebenen Werten überein. Im Na_2SO_4 -armen Bereich liegen die von uns ermittelten K_2SO_4 -Molalitäten um ca. 4% höher. Die von ITKINA et al. angegebenen Glaseritstöchiometrien in Abhängigkeit von der Lösungszusammensetzung zeigen mit den von uns bestimmten Werten keine Übereinstimmung. Von ITKINA et al. werden maximale Bodenkörperverhältnisse K_2SO_4/Na_2SO_4 von 3.3 angegeben. Eine entsprechende K^+ Besetzung ist aus strukturellen Gesichtspunkten im Glaserit jedoch nicht möglich (maximal mögliches Verhältnis $K_2SO_4/Na_2SO_4 = 3$). Entsprechend des Phasendiagramms $Na_2SO_4 - K_2SO_4$ /EYSE73/ sollte schon bei 100°C das Verhältnis $K_2SO_4/Na_2SO_4 < 3$ sein und mit steigender Temperatur weiter abnehmen. Das von uns ermittelte maximale K_2SO_4/Na_2SO_4 Verhältnis beträgt bei 150°C 2.96 und bei 200°C 2.93 und stimmt in dieser Tendenz mit dem Phasendiagramm überein.

Die in AP2 bis AP5 für die jeweiligen Systeme bestimmten Löslichkeiten werden durch das Pitzermodell mit Hilfe des Programms CHEMSAGE beschrieben. Gegenüber den bisher verwendeten Hochtemperaturmodell von J. P. GREENBERG und N. MÖLLER /GREE89/ ergeben sich erhebliche Verschiebungen in den Existenzgebieten der Minerale Glauberit, Gorgeyit und Polyhalit.

5. Geplante Weiterarbeiten

Abschlussbericht

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Abschlussbericht in Vorbereitung

- /YANA63/ O. K. Yanateva, V. T. Orlava, V. C. Kuznetsov, Zh. Neorg. Khim. 8 (1963) 1156/65
 /ITKI56/ L. S. Itkina, V. F. Kokhona, Izv. Sek. Fiz. Khim. Analiza Inst. Obshch. Neorgan. Khim., Akad. Nauk SSSR 27 (1956) 337/43
 /GREE88/ J. P. Greenberg, N. Möller, Geochim. Cosmochim. Acta 53 (1989) 2503

Zuwendungsempfänger: IIF e.V., Permoserstraße 15, 04318 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 E 9329
Vorhabensbezeichnung: Komplexierung und Migration von Al, Ga, In, Sc, Y, La und Schwermetallen mit Huminsäure		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2000 bis 28.02.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 500.000,00 DM	Projektleiter: Dr. Kupsch	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Gegenstand des Vorhabens ist die Vermessung der Komplexierung und Sorption von Actiniden in Wechselwirkung mit freien und oberflächengebundenen Huminkolloiden unter geogenen Bedingungen. Dazu werden Lanthan, Europium und Terbium als Analoga der Actiniden eingesetzt und natürliche, radiochemisch markierte Huminsäuren (Aldrich und Carlsfeld) verwendet. Der Schwerpunkt liegt auf der Untersuchung des Einflusses von drei- und vierwertigen Konkurrenz-elektrolyten. In Verbindung mit Speziationsuntersuchungen in der wässrigen Phase werden die Konkurrenzreaktionen an den Oberflächendepositen mit radioanalytischen Methoden erfasst und kinetische Abhängigkeiten bestimmt. Die Untersuchungen dienen der Beurteilung des Ausbreitungsverhaltens radioaktiver Stoffe in geochemischen Systemen im Hinblick auf die Langzeitsicherheit von Endlagern. Zusammenarbeit mit folgenden Einrichtungen:

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Beprobung und Präparation der natürlichen Huminsäuren
- Charakterisierung und Vergleich der Huminsäuren Aldrich und Carlsfeld
- Vergleichende Studien an den Huminsäuren zur Komplexbildung mit La und Tb als Analogtracer der Actiniden in der wässrigen Phase unter geochemisch relevanten Konkurrenzbedingungen
- Vermessung von Konkurrenzreaktionen geogener Kationen (Elemente der dritten Haupt- und Nebengruppe) zur Komplexbildung und Sorption der Schwermetalle mit Huminsäuren
- Säulen- und Batchversuche zur Bestimmung der Sorptionsparameter mit der SCA
- Vermessung der reversiblen und irreversiblen Vorgänge der Sorption und Filtration mittels radioanalytischer Methoden

3. Durchgeführte Arbeiten

- Beprobung und Aufarbeitung von Phyllit, Diabas und Kupferschiefer für Sorptionsstudien
- Untersuchungen zu Konkurrenzeffekten von Aluminium bezüglich Komplexbildung und Sorption im System [¹⁴⁰La]Lanthan / Huminsäure / Sand
- Radiotracerexperimente zur Humatkomplexbildung von [¹¹¹In]Indium mit den Huminsäuren Aldrich und Carlsfeld
- Vergleichende Untersuchungen zur Mobilität und Hydrophilie verschiedener Humin- und Fulvinsäuren in Abhängigkeit von den Milieubedingungen (Sequentielle Chromatographische Analyse, Octanol-Wasser-Verteilung)
- Säulenversuche mit Sand, Phyllit und Diabas zur Erfassung der permanenten Immobilisierung von Huminstoffen an Geomatrices unter dynamischen Bedingungen

4. Ergebnisse

In Modellversuchen unter relevanten Konzentrationsverhältnissen wurde anhand von radioaktiven Analogtracern nachgewiesen, dass Aluminium maßgeblich in Konkurrenz zur Humatkomplexbildung von Actiniden treten kann. Die Komplexbildung hat im Falle von höherwertigen Metallen teilweise irreversiblen Charakter, so dass das Austauschgleichgewicht von der Reihenfolge des Kontaktes mit der Huminsäure abhängig ist. Bezüglich der humatvermittelten Metalladsorption ist dagegen auch bei hohem Überschuss an Aluminium kein messbarer Konkurrenzeffekt zu verzeichnen. Eine Konzentrationsabhängigkeit des Komplexbildungsgrades wurde im untersuchten Bereich von 10^{-12} bis 10^{-5} M nicht festgestellt. Die mobilitätsbestimmenden Eigenschaften von Huminstoffen unter vorgegebenen Milieubedingungen lassen sich anhand ihrer Octanol-Wasser-Verteilung erfassen. Verschiedene Huminsäuren mit ähnlichem Komplexbildungsvermögen können sich in ihrem Verteilungsverhalten erheblich unterscheiden.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Vermessung der Humatkomplexbildung von Elementen der dritten Haupt- und Nebengruppe (ICP-MS, ICP-OES)
- Statische Adsorptionsversuche an weiteren repräsentativen Geomatrices (Phyllit, Diabas) unter Verwendung von Radiotracern
- Fortsetzung der Säulenversuche

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

H. Lippold, D. Rößler, H. Kupsch: „Comparative investigations on hydrophilicity and mobility of humic substances as determined by partition measurements and sequential gel chromatography using radiolabelling techniques“, eingereicht für *Radiochim. Acta* im Dezember 2001

H. Lippold, D. Rößler, H. Kupsch: „Vergleichende Untersuchungen zur Hydrophilie und Mobilität von Huminstoffen“, Posterbeitrag zur Jahrestagung der GDCh-Fachgruppe Nuklearchemie, Würzburg, 23. - 26. September 2001

Zuwendungsempfänger: TU-BAF, Akademiestraße 6, 09596 Freiberg		Förderkennzeichen: 02 E 9330
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2000 bis 30.04.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 364.980,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Voigt	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die TU Bergakademie Freiberg bearbeitet folgende Teilthemen:

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Modifizierung der Apparatur zur Bestimmung der NaCl-Löslichkeit in Abhängigkeit von Druck u. Temperatur
 - Verbesserte Methodik zur Bestimmung des gelösten NaCl
 - Umbau der Versuchseinrichtung für die Temperierung der Apparatur entsprechend der Messkonzeption
- Durchführung erster Versuche zur Bestimmung der NaCl-Löslichkeit bei 25 °C und Drücken bis 100 bar

4. Ergebnisse

- Messergebnisse zur NaCl-Löslichkeit bei 25 °C und Drücken bis 100 bar liegen vor
- Im bisher untersuchten Druck- und Temperaturbereich stimmen die gemessenen Löslichkeitsdaten mit dem Modell von Pitzer-Peiper-Busey überein

5. Geplante Weiterarbeiten

- Modifizierung der Apparatur und Versuchsdurchführungen zur Bestimmung der NaCl-Löslichkeit in Abhängigkeit von Druck u. Temperatur für höhere Drücke und Temperaturen
- Durchführung weiterer Versuche zur Untersuchung des Einflusses des Druckes auf Umlöseprozesse an durchströmten Kapillaren im NaCl-Einkristall

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: BUTEC Umwelttechnik GmbH, Düsseldorf Straße 32-34, 65760 Eschborn		Förderkennzeichen: 02 E 9340
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von In- strumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2000 bis 30.04.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.727.898,88 DM	Projektleiter: Dipl.-Ing. Fröhlich	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

Durchführung als Kooperationsvorhaben mit der TU Bergakademie in Freiberg.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Fortführung der Permeabilitätsmessungen mit Lauge bei einer Temperatur von 90 °C
- Konzipierung und Neubau einer Permeabilitätsmessanlage für Messungen bei $T = 150\text{ °C}$
- Dichtemessung von diversen gesättigten Salzlauge bei Temperaturen von bis zu 90 °C
- Chemische und mineralogische Analyse der verwendeten Salze
- Messung von Rein- und Rohdichten verschiedener Salzarten
- Tränkungsexperimente von Modellsalzkernen zur Messung von Porositäten, Kontaktwinkelmessungen auf einer NaCl-(100)-Oberfläche mit verschiedenen Lösungsmitteln
- Visualisierung der Porenstruktur: Probenpräparation mit gefärbten Epoxydharzen
- Entwicklung einer Software zur Auswertung von mikroskopischen Aufnahmen von Schliffbildern: Kantenerkennung und Skelletierung

4. Ergebnisse

- Teilweise starke Abweichungen der Permeabilitäts-Porositätsbeziehung der Laugenversuche bei 90 °C vom Verhalten bei 40 °C infolge von Um- und Auflösprozesse bei Salzen mit Mg-Salzanteilen
- gute Übereinstimmung der Ergebnisse der Porositätsmessungen mit der Tränkungs- und der Drucksprungmethode
- Abnehmende Dichte von Salzlauge bei höheren Temperaturen infolge der verringerten Löslichkeit von Anhydrit (CaSO_4)
- Die chemische und mineralogische Zusammensetzung der verwendeten Salze ist vergleichbar mit der der vorigen Projekte
- Visualisierung der Porenstruktur: Durchschnittlicher Kontrast bei der Probenpräparation mit Epoxidharzen; Schwierigkeiten beim Schleifen und Polieren von Salzproben infolge der Wasserempfindlichkeit von Salzprobe und Schleifmitteln

5. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung der Permeabilitätsmessungen mit Lauge bei Temperaturen von 90 °C und 150 °C
- Inbetriebnahme der neuen Permeabilitätsmessanlage für Messungen bei 150 °C
- Chemische Analyse der durch die Probe permeierten Salzlauge zur Deutung von Um- und Auflösprozessen
- Visualisierung der Porenstruktur: Imprägnierung der Proben mit Wood'schem Metall zur Erhöhung des Kontrastes
- Weiterführung der Hg-Porosimetrischen Untersuchungen zur Quantifizierung der Porenradialverteilung und dem Verzweigungsgrad
- Entwicklung einer Software zur Auswertung von mikroskopischen Aufnahmen von Schliffbildern: Bestimmung des Verzweigungsgrades

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: TU München, Arcisstraße 21, 80290 München		Förderkennzeichen: 02 E 9360
Vorhabensbezeichnung: Einfluss von Kolloiden auf die Migration von Actiniden		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2000 bis 31.05.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.040.800,00 DM	Projektleiter: Frau Dr. Kim	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

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

3. Durchgeführte Arbeiten

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

- (1) Die Bildung von Alumino-Silikat-Kolloiden wurde unter Variation von Si- und Al-Konzentration sowie Si/Al-Verhältnis in Abhängigkeit von pH und Zeit weiter untersucht.
- (2) Die Entstehung der Kolloide wurde zuerst mit Hilfe der Ultrafiltration und danach der Laser-induzierte Breakdown-Detektion (LIBD) sowie der Atom-Kraft-Mikroskopie (AFM) verfolgt. Konzentration, mittlere Größe sowie Größenverteilung der Kolloide wurde bestimmt.
- (3) Die chemische Komposition der Kolloide wurde mit Hilfe der Energy Dispersive X-Ray Diffraction (EDX) und X-Ray Photon Spectroscopy (XPS) ermittelt.

- (4) Zur Erfassung der Inkorporation dreiwertiger Actiniden in Alumino-Silikat-Kolloiden wurden Am(III) und Cm(III) in Tracer-Konzentrationen herangezogen. Mit radiometrischen Messungen von Am wurde ein Breitenspektrum der Bedingungen der Kolloidbildung ermittelt. Die Speziation des Kolloid-gebundenen Cm(III) wurde mittels Laser-Fluoreszenz-Spektroskopie (TRLFS) durchgeführt, um dessen Bindungsarten im Kolloid durch die Zahl der Hydratwasser zu ermitteln.

4. Ergebnisse

- (1) Die Bildung von stabilen Kolloiden in Lösung mittels heterogener Nukleation von Al, Am und Si führt zu einer irreversiblen Inkorporation von dreiwertigen Actiniden (Am/Cm).
- (2) Kolloide von zwei Hydroxyaluminosilica-Spezies vom Typus Imogolit bzw. Allophan werden bei pH = 3-8 bzw. bei pH = 5-9 beobachtet.
- (3) Die charakteristischen Eigenschaften der bisher untersuchten Kolloid-Spezies sind:
 - Mittleres Si/Al-Verhältnis: 0.7
 - Kolloid-Konzentration: 10-50 ppb
 - Kolloidgröße: 15-100 nm

5. Geplante Weiterarbeiten

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

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

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

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

Zuwendungsempfänger: Universität Stuttgart, Keplerstraße 7, 70550 Stuttgart		Förderkennzeichen: 02 E 9370
Vorhabensbezeichnung: Weiterentwicklung von Simulationstechniken für Gas-Wasser-Prozesse in geklüftet-porösen Medien auf der Feldskala		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2000 bis 31.05.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 795.680,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Helmig	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Bislang durchgeführte Arbeiten:

1. Es wurden numerische Experimente mit dreidimensionalen stochastisch generierten Kluftsystemen unternommen. Bei diesen Experimenten wurde zunächst vereinfachend DNAPL als nichtbenetzende Phase angenommen.
2. Verschiedene Diskretisierungsverfahren wurden auf ihre Robustheit bei der Berechnung von Mehrphasenströmungsprozessen in stark heterogenen Gebieten untersucht.
3. Es wurde eine Dimensionsanalyse entwickelt, um den Einfluss der Kapillarkräfte gegenüber den viskosen Kräften und den Gravitationskräften abschätzen zu können. Hieraus wurde deutlich, inwieweit bei der Betrachtung der einzelnen Kluftöffnungsweiten die Kapillarkräfte dominieren. Entsprechende Anpassungen des Perkolationsmodells müssen noch vorgenommen werden.
4. Um die vorhandenen Experimente reproduzieren zu können, müssen die entsprechenden Quell- und Senkterme angepasst werden. Hierzu wurden erste Schritte unternommen.

4. Ergebnisse

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

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

Aufgrund der eingebauten Interface Bedingung sind wesentlich höhere Zeitschritte bei der numerischen Simulation des Eindringens der Gasphase in die Matrix möglich als bisher.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die aus dem Upscaling-Verfahren erzeugten effektiven Parameter sollen in das 3D Kluft Matrix Modell eingebunden werden. Es sollen hierbei verschiedene numerische Simulationen durchgeführt werden, um den Einfluss der Öffnungsweitenverteilungen auf die Migration der Gasphase zu untersuchen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Es wurden vier Artikel veröffentlicht, ein weitere ist zur Veröffentlichung eingereicht worden.

Zuwendungsempfänger: IIF e.V., Permoserstraße 15, 04318 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 E 9380
Vorhabensbezeichnung: Migrations- und Sorptionsuntersuchungen geogener Lösungen in Wirtsgesteinsformationen (Tone, Tongestein, Salzgestein) mittels tomographischer Radiotracerverfahren (PET)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2000 bis 31.05.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 821.837,00 DM	Projektleiter: Dr. Richter	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Fertigstellung der kompletten Hochdruckversuchsanlage
- Funktionstest der Hochdruckversuchsanlage
- Eich- und Phantommessungen am GEO-PET und einer kommerziellen PET-Kamera
- Weiterentwicklung des Programmsystems zur tomographischen Bildrekonstruktion
- Vorversuche zur Migration in Tonschichten

4. Ergebnisse

- Hochdruckanlage technisch betriebsbereit (Auswahl und Erprobung geeigneter Membranmaterialien steht noch aus)
- Verbesserung der quantitativen Genauigkeit tomographischer Messungen am GEO-PET
- Räumliche Auflösung am GEO-PET: 3 mm

5. Geplante Weiterarbeiten

- Testmessungen am GEO-PET zur Optimierung der Messparameter für Migrationsuntersuchungen
- Weitere Optimierung der Bildrekonstruktion bezüglich räumlicher Auflösung und Fehlerkorrekturen der Primärdaten
- Radiotracerexperimente zur Migration in Tonen und Tongestein

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9390	
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Gasentwicklung und -freisetzung aus dem Tonversatz sowie dessen Gas- und Wasserpermeabilität im Projekt "Full Scale Engineered Barriers Experiment in Crystalline Host Rock - Phase II", FEBEX II			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2000 bis 29.02.2004		Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 276.979,28 DM		Projektleiter: Dr. Jockwer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Vorhaben (Arbeiten der GRS) untergliedert sich in:

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

3. Durchgeführte Arbeiten

In Projektgesprächen mit den Vorhabensverantwortlichen von ENRESA, AITEMIN und NAGRA wurden für die Versuchsphasen 1 und 2 die durchzuführenden Arbeiten und die zu installierenden Komponenten abgestimmt.

Für die Versuchsphase 2 (Installation der Messkomponenten am Erhitzer 2 und Durchführung der Messungen) wurde ein Testplan und die Qualitätssicherungsunterlagen erstellt.

Die Sonden, die für die Gasfreisetzungs-, Porendruck- und Permeabilitätsmessungen am Erhitzer 2 installiert werden sollen, wurden entworfen, gefertigt und stehen für den Einbau zur Verfügung.

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

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

4. Ergebnisse

Die Aufsättigung des Versatzes in der Kontaktzone zum Gebirge geht weiter, hier steigt der Poreninnendruck weiter an (0,25 bis 0,45 MPa). In diesem Bereich ist die Wasserpermeabilität auf etwa 10^{-19} m^2 gefallen.

Der Versatz in der Kontaktzone zum Erhitzer ist weiterhin wasserungesättigt. Da in diesem Bereich das System undicht ist kommt es zu keinem Porendruckaufbau, obwohl die Gasentwicklung weitergeht (Wasserstoff bis 1,0 vol%, Kohlendioxid bis 10,0 vol%).

Aus den Laboruntersuchungen zur Gasentwicklung aus dem Versatz liegen noch keine Ergebnisse vor.

5. Geplante Weiterarbeiten

Ende Februar 2002 wird nach 5 Jahren Heizdauer der Erhitzer 1 abgeschaltet. Vorher sollen noch letzte Messungen zu Gasentwicklung und Permeabilität durchgeführt werden. Nach 2 Monaten Abkühlzeit wird dann mit der Freilegung des Erhitzers begonnen.

Die Filterrohre sollen rückgewonnen und begutachtet werden, um die Eignung für weitere ähnliche Versuche zu überprüfen.

Für die Installation der Messsonden am Erhitzer 2 werden nach der Freilegung Bohrversuche im gesättigten und ungesättigten Versatz durchgeführt.

Die Laborversuche zur Gasentwicklung aus dem Versatzmaterial werden fortgeführt.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9400
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Gasentwicklung und -freisetzung im Boom Clay in Mol im Projekt: "Integrated in Situ Corrosion Test on Alpha-Active High Level Waste Glass - Phase 2" CO- RALUS 2		
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: 01.07.2000 bis 31.03.2004	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 537.768,85 DM	Projektleiter: Dr. Jockwer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

AP 2: Laboruntersuchungen zur Gasentwicklung aus den Versatzmaterialien

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Aus den Piezometern des zweiten Erhitzerbohrloches (CORALUS tube 2) mit einer Temperatur von 30 °C ohne ⁶⁰Co Quellen sind Wasserproben entnommen und auf die darin gelösten Gase analysiert.

Die weiteren Erhitzerbohrlöcher (CORALUS tube 3 und 4) für eine Temperatur von 90 °C mit ⁶⁰Co-Quellen sind installiert worden und sollen in 2002 in Betrieb gehen.

Im Labor wurde die Analyse der Gasentwicklung aus den verschiedenen Versatzmaterialien für die Expositionszeiten von 1 bis 100 Tagen abgeschlossen jedoch noch nicht ausgewertet. Für die Expositionszeiten von 300 und 1 000 Tagen sind die Proben noch im Wärmeschrank mit einer Temperatur von 90 °C eingelagert.

4. Ergebnisse

Die Formationswässer, die aus dem Versatz während der Aufheizung entnommen worden sind, hatten 53 bis 139 Liter Kohlendioxid pro 1000 kg Wasser gelöst und hat sich bisher gegenüber den vor der Aufheizung nicht signifikant geändert.. Mit einer Oberflächentemperatur von 30 °C an den Erhitzern ist bei den Piezometern offensichtlich noch kein Temperaturanstieg eingetreten, der zu einer weiteren Gasentwicklung führt. Der Gehalt an weiteren Gasen lag unterhalb der Nachweisgrenze.

Die Laboruntersuchungen zur thermischen Gasentwicklung aus den Versatzmaterialien sind noch nicht abgeschlossen, daher liegen noch keine Ergebnisse vor.

5. Geplante Weiterarbeiten

Inbetriebnahme der weiteren Erhitzerbohrlöcher.

Wasserprobenahme aus den Piezometern der Erhitzerbohrlöcher zur Bestimmung der Gasentwicklung unter erhöhter Temperatur und Strahlung.

Auswertung und Zusammenstellung der Labormessungen zur Gasentwicklung aus den Versatzmaterialien.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

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

Zuwendungsempfänger: TU-Clausthal, Adolph-Roemer-Str. 2 A, 38670 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 E 9410
Vorhabensbezeichnung: Transport und Rückhaltung von Schadstoffen in alterierten Kluftbereichen des HRL Äspö		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 30.09.2002	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 395.128,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Mengel	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Für die Sorptionsversuche wurden AlOOH , $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ (Kieselgel) und ein natürliches Mineralgemenge aus α - und γ - AlOOH sowie γ - $\text{Al}(\text{OH})_3$ (Bauxit) in Form feinsten Pulver verwendet. Als Versuchslösungen wurden H_2O sowie zwei Untertagelösungen aus dem HRL Äspö mit je 800 ppb Co, Sr, Cs, Ba, La, Nd, Yb, U und Th dotiert.

Das EDX-Verfahren der Elektronenstrahl-Mikrosonde (EMP) wurde auf seine Eignung zur Schichtdickenmessung hin überprüft. Als weitere Methode wurden senkrecht zur Kluft verlaufende Dünnschliffe hergestellt und die Schichtdicken mittels WDX-Scans vermessen.

Für weitere Untersuchungen des Mikrokluftnetzes und dessen Mineralogie wurden hydrogeologisch detailliert beschriebene Bohrkernproben im HRL Äspö ausgewählt und präpariert.

4. Ergebnisse

Die innere Oberfläche von Alterationsprodukten ist mit entscheidend für die Schadstoffrückhaltung. Diese ist für Al-Oxyhydroxide (reines AlOOH , Bauxit) mit $4.47 \text{ m}^2/\text{g}$ und $6.17 \text{ m}^2/\text{g}$ recht ähnlich, wohingegen die Oberfläche der gefällten Kieselsäure um ein Vielfaches größer ist ($167.5 \text{ m}^2/\text{g}$). Trotz der großen Oberfläche ist die Aufnahmekapazität der Kieselsäure für die hier untersuchten Elemente sehr niedrig. Das Verhalten von AlOOH und Bauxit ist recht ähnlich, wobei reines AlOOH eine stärkere pH-Wert-Erhöhung hervorruft. Sr, Ba und Cs werden nicht oder nur gering fixiert, wohingegen Co fast vollständig aus der Lösung entfernt wird. Auch die Lanthaniden werden absorbiert. U und Th fallen schon in den Ausgangslösungen aus, so dass zur Sorptionsfähigkeit bisher keine Aussagen getroffen werden können.

Die Schichtdickenmessung ist mittels EDX nicht wie geplant durchzuführen, da die Oberflächen zu rau und die Messungen deshalb zu ungenau sind. Erfolgversprechend ist dagegen die Methode mit senkrechten Schnitten zur Kluft, die eine Auflösung von $1.5 \mu\text{m}$ bei hohen Konzentrationsänderungen erreicht.

5. Geplante Weiterarbeiten

Mittels EMP soll das Klufsystem von BaI-beaufschlagten Bohrkernen an Schliffen mit den tomographischen Ergebnissen verglichen werden. Weitere UV-mikroskopische Untersuchungen sollen detailliertere Kenntnis über die Verbreitung von Mikroklufsystemen erbringen.

Die Sorptionsversuche werden über einen größeren Konzentrationsbereich fortgesetzt, um die Sättigungskonzentration festzustellen. Der bereits in vorhergehenden Experimenten äquilibrierte Gesteinsgrus wird mit dotierten Lösungen versetzt, um die Aufnahmekapazität von natürlichen Gesteinen zu ermitteln.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9420	
Vorhabensbezeichnung: Laboruntersuchungen der gekoppelten hydraulisch-mechanischen Eigenschaften von Kernproben des Allovo-Oxfordian Tonsteins am Standort Meuse/Haute Marne im Projekt MO-DEX-REP			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2000 bis 31.12.2002		Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 176.627,04 DM		Projektleiter: Dipl.-Geophys. Rothfuchs	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Bestimmung der Dichte, Porosität und des Wassergehalts von CO-Tonproben aus der Schachtvorbohrung EST205 am Standort MHM-URL
- Messungen der Gaspermeabilität an 6 Tonproben (D/L=40/80mm) bei einem Seitendruck von bis zu 8 MPa und bei natürlichem Wassergehalt bzw. nach Trocknung bei 105 °C
- Weiterführung der einaxialen Kriechversuche an 5 kleinen Tonproben (D/L=45/90mm) bzw. an 4 großen Proben (D/L=100/200 mm) und Beginn von zwei weiteren Versuchen an großen Proben
- Vorbereitung der einaxialen Relaxationsversuche.

4. Ergebnisse

- Die von ANDRA gelieferten 7 Bohrkern aus der Schachtvorbohrung EST205 am Standort MHM-URL sind visuell homogen und zeigen keine signifikante Schichtung bzw. Gefügeschäden. An den ersten Proben wurden eine mittlere Dichte von $2,41\text{g/cm}^3$, eine Porosität von 15% und ein Wassergehalt von 5% gemessen.
- Die Gaspermeabilität des Tonsteins nimmt mit zunehmendem Seitendruck ab. Im Bereich des Seitendrucks von 1 bis 8 MPa wurden Gaspermeabilitäten der bei 105°C getrockneten Proben zwischen $10^{-18} - 10^{-19} \text{ m}^2$ bis $10^{-20} - 10^{-21} \text{ m}^2$ gemessen. Die Gaspermeabilität der Proben mit natürlichem Wassergehalt war erst bei einem hohen Injektionsdruck von 1,7 MPa messbar und lag im Bereich von $10^{-21} - 10^{-22} \text{ m}^2$. Sie ist um etwa 3 Größenordnungen niedriger als diejenige der getrockneten Proben.
- Bei den Kriechversuchen wurden bisher vier einaxiale Laststufen zwischen 2 und 15 MPa durchgeführt. Jede Stufe dauerte etwa 1 bis 4 Monate an. Die Tonproben zeigten zeitabhängige irreversible Kriechverformungen schon bei kleinen Spannungen von 2 – 3 MPa. Die Kriechverformung steigt mit Erhöhung der Beanspruchung an. Bei einer Spannung von 12 MPa erreichte die totale Verformung etwa 1% bei großen Proben senkrecht zur Schichtung, 0,6 – 0,8% bei kleinen Proben senkrecht zur Schichtung und 0,5 – 0,7% bei kleinen Proben parallel zur Schichtung. Die Kriechraten nach 110 Tagen bei 8 – 10 MPa für die großen Proben und bei 12 MPa für die kleinen Proben variierten nur geringfügig zwischen $7 \cdot 10^{-11}$ bis $10 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$.
- Bei den Vorbereitungen der Relaxationsversuche wurde eine Steuerungsmethode zum Einhalten der Versuchsbedingung der Null-Verformung der Probe während der Relaxation entwickelt und erfolgreich getestet.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung der Gaspermeabilitätsversuche an 6 Proben beim natürlichen Wassergehalt und nach Trocknung;
- Weiterführung der Kriechversuche an insgesamt 9 Proben;
- Weiterführung der Relaxationsversuche an 6 Proben;
- Durchführung der triaxialen Kompressionsversuche an 6 Proben.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9430
Vorhabensbezeichnung: Modellierung des Aufsättigungsverhaltens von Bentonit im Endlager im Kristallin, Mitarbeit in der Task Force "EBS" des HRL Äspö		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 30.09.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 993.891,00 DM	Projektleiter: Dr. Kröhn	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Modellrechnungen

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

Laboruntersuchungen

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Der zusammenfassende Bericht über die Ergebnisse des Projekts „Zweiphasenfluss im geklüfteten Kristallin im Hartgesteinslabor Äspö – Strömungsverhältnisse im Stollennahfeld“ wurde überarbeitet.
- Angebote für die Messzellen zum Aufsättigungsversuch wurden eingeholt und die Herstellung in Auftrag gegeben.
- Ein konzeptuelles Modell der für die Aufsättigung relevanten Prozesse wurde erstellt.
- Ein Code wurde erstellt, der die Aufsättigung sowohl auf der Grundlage einer schnellen Hydratation (Advektionsmodell) als auch auf der Grundlage des bekannten empirischen Diffusionsmodells simuliert.
- Der Code wurde auf einen Versuch aus der Schweiz angewendet und die Ergebnisse der beiden Aufsättigungsmodelle miteinander verglichen.

4. Ergebnisse

- Die Daten aus dem schweizerischen Versuch lassen sich auch mit dem Advektionsmodell reproduzieren. Da der Versuch jedoch nicht die instationäre Feuchtigkeitsverteilung im Probekörper liefert, ist dies lediglich ein Indiz für die Richtigkeit des Advektionsmodells.
- Das konzeptuelle Modell lässt die Möglichkeit offen, dass die Aufsättigung über den Wasserdampf in der Gasphase erfolgt. Auch bei diesem Aufsättigungsmechanismus ist von entscheidender Bedeutung, wie schnell die Hydratisierung im Vergleich zur Nachlieferung von Wasser ist.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Entwicklung eines Codes zur Modellierung der Aufsättigung durch Dampfdiffusion.
- Durchführung des Aufsättigungsversuchs und Beginn der Ergebnisauswertung.
- Zusammenstellung der für eine Modellierung erforderlichen Eingangsdaten und konstitutiven Beziehungen aus der Literatur.
- Weiterer Austausch mit SKB über ggf. noch benötigte Daten.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9440	
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung einer Methode zur verbesserten Rückhaltung von Iod und Selen im Nahbereich eines Endlagers			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 30.09.2002		Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.118.240,00 DM		Projektleiter: Dr. Herbert	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Die bereits früher mittels Titration erreichte Bestimmungsgrenze liegt bei 2 Mikrogramm pro Liter (10^{-8} mol/l), wobei für die Bestimmung jedoch hohe Lösungsmengen (ca. 100 ml) benötigt werden. Bei den Sorptionsversuchen sind so hohe Lösungsmengen jedoch schwer zu erreichen. Deshalb wurde ein neues Bestimmungsverfahren mittels Photometrie getestet und optimiert. Die jetzt erreichbare Bestimmungsgrenze liegt je nach Matrix zwischen 5 – 100 Mikrogramm pro Liter, bei einem Lösungsbedarf von nur 1 ml. Damit ist dies die Methode der Wahl für die weiteren Sorptionsversuche.

Sorptionsversuche wurden mit den Sorbentien Korund, MX-80 Bentonit, Hämatit, Magnetit, Pyrit, Bure-Ton, Flugasche, Salzbeton und Anhydrit durchgeführt. Die Sorbentien MX-80, Hämatit, Bure-Ton, Flugasche und Salzbeton zeigten eine vergleichsweise höhere Sorption für Iodid und Iodat in Wasser, IP21, und NaCl-Lösung. Mit diesen wurden die Versuche deshalb unter veränderten Randbedingungen nochmals wiederholt. Vor der Zugabe von Iod wurde eine Gleichgewichtseinstellung der Lösung mit dem Sorbens abgewartet. Die Ergebnisse zeigen, dass dadurch die Sorption noch deutlich höher war. Die Oberflächen- und Porositätsbestimmung für alle Sorbentien wurde durchgeführt.

4. Ergebnisse

Siehe unter: 3. Durchgeführte Arbeiten

5. Geplante Weiterarbeiten

Die o. g. Ergebnisse werden auf die Oberfläche der getesteten Sorbentien umgerechnet, um eine bessere Vergleichbarkeit zu erreichen.

Die Planung der Sorptionsversuche mit Selenit und Selenat ist abgeschlossen. Es sollen die gleichen Sorbentien zum Einsatz kommen, die bereits mit Iod getestet wurden. Vor Zugabe des Selens in die Lösungen werden diese mit den Sorbentien äquilibriert. Zusätzlich sollen mit den Sorbentien Salzbeton und Flugasche Versuche durchgeführt werden, die Sorptionsdaten in Abhängigkeit von der Reaktionsdauer des Sorbens mit den Lösungen NaCl und IP21 erwarten lassen.

Die isopiesticen Versuche mit Iod wurden geplant. Durchgeführt werden Messungen in den Systemen MgJ_2 -NaJ, MgJ_2 -KJ, MgJ_2 - $MgSO_4$. Die dafür notwendige Reinstsubstanz MgJ_2 wurde im Labor hergestellt. Mit der Durchführung der Versuche wird im Januar 2002 begonnen. Die isopiesticen Versuche mit Se werden geplant und mit der Durchführung begonnen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: TU München, Arcisstr. 21, 80290 München		Förderkennzeichen: 02 E 9450
Vorhabensbezeichnung: Quantenmechanische Modellierung der aquatischen und Sorptions-Chemie von Aktinoiden		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2000 bis 31.10.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.052.737,00 DM	Projektleiter: Prof. Rösch	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Untersuchungsprogramm umfasst folgende Arbeitspakete:

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

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

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

3. Durchgeführte Arbeiten

AP 1.1: Berechnung von U(VI)- und Th(IV)-Komplexen.

AP 1.2: Berechnung von U(VI)-Dimerkomplexen.

AP 3.2: Beschleunigung der Spin-Bahn-Variante des relativistischen DF-Verfahrens in PARAGAUSS abgeschlossen.

AP 3.4: Parametrisierung von Oberflächenmodellen (EPE) aufgenommen.

AP 3.5: Struktur der Oberfläche α -Al₂O₃-(0001) bestimmt.

4. Ergebnisse

Arbeiten zu Komplexen $\text{AcO}_2\text{L}_4^{n-}$ für $\text{Ac} = \text{U}, \text{Np}$ und $\text{L} = \text{F}^-, \text{Cl}^-, \text{OH}^-$ und H_2O in der Gasphase und in Lösung wurden abgeschlossen (AP 1.1). Es wurden Strukturoptimierungen in Lösung ergänzt und eine Veröffentlichung vorbereitet. Untersuchungen von UO_2^{2+} -Komplexen mit wenigen OH-Liganden wurden zur Ergänzung der Arbeiten zu U(VI)-Dimerkomplexen aufgenommen (Berechnung von Dimerisierungsenergien und Schwingungsfrequenzen, AP 1.1). Berechnungen an Th(IV)-Verbindungen (Zusammenarbeit mit Dr. Denecke, INE Karlsruhe) wurden fortgesetzt (AP 1.1). Um die Interpretation von EXAFS-Messungen zu unterstützen, wurde die elektronische Struktur von Hydrolyseprodukten $\text{Th}(\text{OH})_x^{(4-x)+}$, $x = 1-3$, sowie $\text{Th}(\text{H}_2\text{O})_4^{4+}$ berechnet, wobei mit wachsender Zahl der Liganden eine Zunahme der d-Population von 0 (Th^{4+}) auf bis zu 1.25 Elektronen für Th gefunden wird. Im Rahmen von AP 1.2 wurden Untersuchungen an Dimeren des Uranyls fortgesetzt, wobei insbesondere $(\text{UO}_2)_2\text{B}_2(\text{H}_2\text{O})_x$, $\text{B} = \text{OH}, \text{O}$, $x = 1-3$ in der Gasphase und in Lösung betrachtet wurden. Eine OH-Verbrückung konnte durch Vergleich von Geometrien mit dem Experiment bestätigt werden. Anhand von Modellreaktionen der Entstehung von Dimerkomplexen konnten im Einklang mit dem Experiment Hinweise darauf gewonnen werden, dass die verglichen mit O-Brücken schwächere OH-Verbrückung im eher sauren Milieu bevorzugt ist. Auch für den Molekulkristall $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2\text{Cl}_2(\text{H}_2\text{O})_4$ wurde eine sehr befriedigende Übereinstimmung der Geometrie mit dem Experiment erhalten. Diese Berechnungen werden derzeit für eine Veröffentlichungen komplettiert. Im Hinblick auf die Untersuchung der Sorption von Aktinoiden auf Mineralien wurden Arbeiten zur Erweiterung der EPE-Einbettung (elastic polarizable environment) für Oberflächen-Clustermodelle unternommen (AP 3.4). Hierbei wird das EPE-Modell für ionische Substrate ergänzt, um auch Clustermodelle polar-kovalenter Substrate (z. B. SiO_2) beschreiben zu können. Daneben wurde mit dem EPE-Verfahren die Struktur der Oberfläche $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ -(0001) optimiert (AP 3.5). Damit sind die Voraussetzungen zur Konstruktion von Clustermodellen verschiedener Adsorptionsplätze auf dieser Oberfläche geschaffen (AP 2.1). Weiterhin wurde eine Beschleunigung der Spin-Bahn-Variante des relativistischen Dichtefunktionalverfahrens in PARAGAUSS erfolgreich durchgeführt (AP 3.2).

5. Geplante Weiterarbeiten

AP 1.1 wird fortgeführt, um die Datenbasis für Hydrolysekomplexe von Th, U und Np zu vervollständigen. Untersuchung zu Dimerkomplexen von U(VI) werden ergänzt (AP 1.2). Die Untersuchung der Adsorption auf Al_2O_3 wird zeitlich vorgezogen (AP 2.1). AP 3.4 und 3.5 werden fortgeführt (Erweiterung der EPE-Methode, Modellierungen Adsorption).

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

M. S. K. Fuchs, A. M. Shor, N. Rösch „The Hydration of the Uranyl Dication. Incorporation of Solvent Effects in Parallel Density Functional Calculations with the Program PARAGAUSS“, *International Journal of Quantum Chemistry* 86 (2002) 487-501.

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

F. Schlosser „Dichtefunktionaluntersuchungen an zweikernigen Uranylkomplexen“ Diplomarbeit, Technische Universität München, 2001

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9461	
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung der chemischen und hydromechanischen Wechselwirkungen von Ton/Zement-Systemen; ECOCLAY - Phase II			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2001 bis 30.09.2003		Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 997.198,00 DM		Projektleiter: Dr. Meyer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

(AP1) – Vorlaufende Arbeiten, Literaturstudie

Systematische Literaturrecherche zum Thema Ton-Zement-Wechselwirkungen

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

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

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

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

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

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

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

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Im AP3 wurden Proben des Magnesiabinders durchströmt und für Zeiträume von 50 Tagen reagieren gelassen. Es erfolgte die Auswertung der Durchströmungsversuche nach dem Gesetz von Darcy. Für die Untersuchung der mechanischen Eigenschaften wurden einaxiale Festigkeiten der Probekörper vor und nach erfolgter Reaktion gemessen (AP4). Im AP5 erfolgte die Modellierung der Ergebnisse der Umsetzung von Magnesiabinder und Salzbeton in NaCl- und IP21-Lösung.

4. Ergebnisse

Es konnte bereits der chemische Reaktionspfad von zementhaltigen Materialien im Kontakt zu den Lösungen IP21 und gesättigter NaCl-Lösung experimentell mit Hilfe des Kaskadenversuches bestimmt werden. Innerhalb dieses Berichtszeitraumes erfolgte nun der Vergleich der Modellierungen mit den entsprechenden experimentellen Ergebnissen. Es zeigte sich eine gute Übereinstimmung zwischen den experimentell bestimmten und den berechneten Konzentrationen in Lösung, so dass in Verbindung mit der geochemischen Modellierung wertvolle und auch belastbare Informationen über die ablaufenden chemischen Reaktionen und der langzeitlichen Entwicklung zementhaltiger Materialien in Kontakt zu salinaren Tiefenwässern getroffen werden können.

Der Magnesiabinder zeigte sich relativ homogen. Die gemessenen Anfangspermeabilitäten schwankten zwischen $1 \cdot 10^{-16} \text{ m}^2$ - $3 \cdot 10^{-16} \text{ m}^2$. Eine Verringerung der Permeabilitäten nach 50 Tagen Reaktionsdauer konnte nur für die Proben mit IP21-Lösung festgestellt werden, für die mit NaCl-Lösung durchströmten Proben wurde keine Permeabilitätsänderung gemessen. Die Festigkeitsuntersuchungen der reagierten Magnesiabinder Proben zeigten eine leichte Abnahme der Festigkeit für die mit den beiden NaCl-Lösungen durchströmten Proben.

5. Geplante Weiterarbeiten

- (AP1) Die Auswertung der Literaturrecherche über die Wechselwirkung des Systems Ton-Zement-Lösung wird entsprechend dem Zeitplan unter Mithilfe einer studentischen Hilfskraft fortgeführt.
- (AP2) Die Untersuchungen des Systems Ton-Zement-Lösung werden fortgeführt.
- (AP3) Die experimentellen Laborversuche bezüglich der hydraulischen Eigenschaften des Zementes nach 100, 150 und 600 d werden fortgeführt.
- (AP4) Nach Durchströmung der korrodierten Proben werden die mechanischen Eigenschaften der 100, 150 und 600 d korrodierten Zementystems bestimmt.
- (AP5) Geochemische Modellierung der Reaktion Zement in Kontakt zu IP21- bzw. NaCl-Lösung wurden durchgeführt. Im weiteren Verlauf des Projektes wird versucht, die Reaktion des Systems Zement-Ton-Lösung zu modellieren.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: FZR, Bautzner Landstraße 128, 01314 Dresden		Förderkennzeichen: 02 E 9471
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung einer mineralspezifischen Sorptions-Datenbank für Oberflächenkomplexierungsmodelle		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2001 bis 31.03.2004	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 308.375,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Fanghänel	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

AP1:	Literaturrecherche	Fortsetzung	wird fortgesetzt
	Eingabe von Sorptionsdaten	Fortsetzung	wird fortgesetzt
AP2:	Entwicklung der Tabellenstruktur	Fortsetzung	abgeschlossen
	Entwurf des Datenflusses	Fortsetzung	abgeschlossen
	Erstellung eines DB-Prototypen	begonnen	wird fortgesetzt
	Selektion komplexer Datensätze	begonnen	wird fortgesetzt
AP3:	Eingabe- und Ausgabemasken	Fortsetzung	abgeschlossen
AP4-5:		Arbeiten noch nicht begonnen	
AP6:	Online-Hilfe	begonnen	wird fortgesetzt

4. Ergebnisse

Im Berichtszeitraum (Werte in Klammern: Gesamtstand) wurden 11(77) Minerale, 157(228) Datensätze zu spezifischen Oberflächen, 176(348) Protolyse- und 399(648) Komplexbildungskonstanten in die Datenbank eingegeben. Die Recherche läuft kontinuierlich weiter, bisher sind 430 Literaturreferenzen erfasst.

Die Layout der Datenbank ist abgeschlossen, der Prototyp der Datenbank ist bereits weitestgehend funktionsfähig und wird nun intern im FZ Rossendorf getestet.

Für die Nutzerschnittstelle sind die wesentlichen Masken zur Dateneingabe fertiggestellt und getestet, ebenso zur gezielten Abfrage von Datensätzen basierend auf Nutzerangaben zu Mineralen, SCM-Modellen und Kontaminanten, oder über Literaturzitate (inverse Suche). Zur Ausgabe über Drucker können zudem jeweils Reporte generiert werden. Eine automatisierte statistische Auswertung des Datenbestandes bezüglich Mineralgruppen, SCM-Submodellen, Kontaminanten, oder Literaturquellen wurde entwickelt.

5. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Literaturrecherche und Dateneingabe (Fortsetzung)
- AP2: Fertigstellung und Test des DB-Prototyps (Fortsetzung)
- AP3: automatisierte Zusammenstellung konsistenter Datensätze für komplexe Szenarien, Plausibilitäts- und Konsistenzprüfungen bereits bei Dateneingabe
- AP4: Beschaffung und Installation der Hardware und Software für eine Netzwerkversion
- AP6: Online-Hilfe (Fortsetzung)

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Ein Vortrag wurde im September 2001 in Bregenz auf der Migration '01 vorgestellt, im Journal of Contaminant Hydrology eingereicht und im Dezember 2001 zur Veröffentlichung angenommen: „RES³T - Rossendorf Expert System for Surface and Sorption Thermodynamics“ von V. Brendler, A. Vahle, Th. Arnold, G. Bernhard, Th. Fanghänel.

Zuwendungsempfänger: Universität Hannover, Welfengarten 1, 30060 Hannover		Förderkennzeichen: 02 E 9481
Vorhabensbezeichnung: Einsatz von Organo-Tonen als Adsorber für problematische Anionen in geotechnischen Barrieren		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2001 bis 31.03.2004		Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001
Gesamtkosten des Vorhabens: 547.756,00 DM		Projektleiter: Prof. Dr. Michel

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Tone als Material für geotechnische Barrieren weisen eine hohe Sorptionskapazität für kationische Schadstoffe auf. Ihre Fähigkeit, Anionen zu sorbieren ist sehr gering, kann aber wesentlich verbessert werden, wenn die anorganischen Zwischenschichtkationen gegen organische Kationen ausgetauscht werden.

Übergreifendes Ziel dieses Vorhabens ist es, ausgewählte Organo-Ton-Systeme hinsichtlich der folgenden Punkte zu prüfen und das oder die geeignetsten Systeme zu identifizieren: maximale Sorptionskapazität für Anionen, maximale Selektivität für Iodid (evtl. Perotechnat), bzw. Chromat und Arsenat, hohe Stabilität unter simulierbaren Endlager- bzw. UTD-Bedingungen, einfache und kostengünstige Herstellung.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- AP 1: Identifizierung der in Frage kommenden Organokationen und deren Beschaffung bzw. Synthese
- AP 2: Herstellung von Organotonen unter Verwendung der unter AP 1 erhaltenen Organokationen mit MX-80-Bentonit und russ. Vermiculit
- AP 3: Prüfung der bisher hergestellten Organotone in kurzen Sorptionstests mit I-125 und Chromat

AP 4: Strukturelle Charakterisierung des Zwischenschichttraumes der bisher hergestellten Organotone durch Röntgenbeugungsanalyse

4. Ergebnisse

AP 1: Alle für den Einbau der Organokationen und die Anionensorption wichtigen Strukturen wurden definiert. Daraus resultierten insgesamt über 30 Organokationen mit unterschiedlichen Kopfgruppen, C-Kettenlängen und Ladungsverteilungen. Einige mussten verworfen werden. Für die Sorptionstests (AP 3) wurden elf ausgewählt, von denen bereits neun vorliegen und zwei sich noch in der Herstellung befinden.

AP 2: Mit sechs verschiedenen Organokationen und Hexadecylpyridinium als Referenzmaterial wurden jeweils Organotone hergestellt (dreimaliges Angebot einer der 2,0fachen KAK entsprechenden Menge). Drei weitere Organokationen sind bereits beschafft und die Belegung des Tons begonnen.

AP 3: Die bereits hergestellten Organotone aus AP 2 wurden einem kurzen Sorptionstest mit I-125 unterzogen, um zu klären, welche der betreffenden Systeme für weitere Versuche geeignet sind. Vier der Kandidaten schnitten dabei deutlich schlechter ab als das Referenzkation HDPy^+ und werden daher nicht in weitere Versuchsreihen einbezogen werden. Zusätzlich dazu wurden drei kommerziell erhältliche Organotone bzw. Sorptionsmittel unter gleichen Bedingungen getestet, die ebenso schlechte Ergebnisse lieferten wie die verworfenen.

Chromatsorption: Aufgrund der hohen und stark pH-abhängigen Chromatsorption an russ. Vermiculit stellte sich in weiteren Untersuchungen heraus, dass HDPy^+ und Chromat als Salz ausgefällt werden und somit eine Scheinsorption nicht ausgeschlossen werden kann. Zur Definition eines Adsorbens mit fester Bindung von Chromat am Organoton werden Löslichkeitsprodukte von Chromat und den jeweiligen organischen Kationen ermittelt.

AP 4: Die Röntgenbeugungsdiagramme der bisher hergestellten Organotone zeigen eine Aufweitung der Zwischenschichten, d.h. alle bisher gewählten Organokationen sind in die Zwischenschichten eingebaut worden. Allerdings unterscheiden sich die einzelnen Systeme in der Anordnung der Organokationen in den Zwischenschichten und damit in den jeweiligen Schichtabständen. Die Schichtabstände der modifizierten MX-80-Bentonite, die sich durch geringen Iodabsorption auszeichnen, sind im Vergleich zu den Systemen mit höherer Iodabsorption, relativ gering und lassen vermuten, dass die Anordnung eher flach bzw. parallel (ein oder zweireihig) zur Silikatschicht ist. Damit steht vermutlich zu wenig Ladung und Raum für die I-125-Sorption zur Verfügung. Anders stellt sich die Situation beim russ. Vermiculit dar. Das Organokation, das beim MX-80-Bentonit kaum zur Aufweitung der Zwischenschichten führt, ordnet sich beim russ. Vermiculit (höhere Schichtladung) relativ steil zur Silikatschicht (hohe Schichtabstände) an und lässt auf eine höhere Sorptionskapazität schließen, die allerdings noch zu überprüfen ist.

5. Geplante Weiterarbeiten

Nach Fertigstellung der verbleibenden zwei Organokationen werden die Folgearbeiten - Herstellung der Organotone, deren Charakterisierung und die Sorptionsfähigkeits-Tests – durchgeführt. Anschließend wird die Identifizierung des/der geeignetsten Systems/Systeme vorgenommen. Mit diesem Organokation-Ton System, bzw. -Systemen können dann die intensiven Untersuchungen zu Sorptionsfähigkeit und zu Stabilitätsparametern begonnen werden.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: FZR, Bautzner Landstraße 128, 01314 Dresden		Förderkennzeichen: 02 E 9491
Vorhabensbezeichnung: Wechselwirkung von Actiniden mit dominanten Bakterien des Äspö-Grundwasserleiters		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2001 bis 31.03.2004	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 736.250,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Bernhard	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

Dazu werden modernste spektroskopische Verfahren wie Laserspektroskopie und Röntgenabsorptionsspektroskopie eingesetzt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Untersuchungsprogramm gliedert sich in die Arbeitsaufgaben:

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Aktualisierung der Literaturrecherche
- Installation und Testung des optimierten Lasersystems zur Fluoreszenzspektroskopie und photoakustischen Spektroskopie
- erste Anzuchtversuche von *Desulfovibrio äspöensis* Biomasse
- Bedingungen der Anzucht: Äquivalente einer Aktivkultur des Stammes *Desulfovibrio äspöensis* (DSM 10631^T von der DSMZ) anaerob in optimiertes Medium (entsprechend den Angaben der DMSZ: Hauptkomponenten: 7g/l NaCl, 5 g/l NaHCO₃, 3 g/l NaSO₄, 2.5 g/l Na-Lactat, 1.5 g/l MgCl₂·6H₂O) inkubiert, Temperatur: 21 °C, pH-Wert: 7 bis 7.3, Variation des Verhältnisses Aktivkultur: Medium
- Beginn der Arbeiten zur Charakterisierung der Biomasse (Entwicklung einer Methode zur Aufnahme einer Wachstumskurve)
- Fortsetzung der Installation der Apparaturen zur Biomassegewinnung
- Weiterführung der Installation der Geräte in der Glove Box zur Akkumulation der Actinide an der Biomasse
- Projekttreffen in Götheburg vom 16.-18.10.01 mit Prof. Karsten Pedersen, Göteborg University, Department of Cell and Molecular Biology, Microbiology
Ziel: Informationsaustausch zur Mikrobiologie des Stammes *Desulfovibrio äspöensis*

4. Ergebnisse

- Teilziel 1: qualitäts- und quantitativgerechte Produktion der Biomasse: Nach rund 3 Tagen zeigte eine beginnende Trübung und ein schwarzer Niederschlag (Eisensulfid) das Wachstum der Bakterienkulturen an. Wichtig sind strikt anaerobe Bedingungen, reduzierende Eigenschaften des Mediums und eine Temperatur zwischen 18 und 30 °C (Optimum: 25-30 °C). Ein Wachstum der Bakterien wurde in allen Versuchen (Verhältnisse Aktivkultur: Medium: 1:20, 1:50, 1:100) bei Anwesenheit von Eisen (0.42 mg/l) im Medium beobachtet. Beim Ernten der Kulturen ist eine Trennung von Eisensulfid-Niederschlag und Bakterien kaum möglich. Für die Bearbeitung des Teilziels 2 ist es jedoch wichtig, eine möglichst von Eisensulfid freie Bakterienkultur zu erhalten.
- Teilziel 2: Wechselwirkung von *Desulfovibrio äspöensis* mit den Actiniden: Vorversuche zur Verfolgung der Uran(VI) Reduktion durch *Desulfovibrio oxamicus*: Ziel war es, eine Abnahme der U(VI) Fluoreszenz infolge der Reduktion zu U(IV) festzustellen. U(IV) besitzt keine Fluoreszenzeigenschaften. Dieser Effekt scheint aber durch Fluoreszenz-Quenchprozesse der im Medium vorhandenen Komponenten Lactat und Chlorid überlagert zu werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Gewinnung der *Desulfovibrio äspöensis* Biomasse
- Optimierung der Herstellungsverfahren (Verringerung des Fe-Gehalts im Medium)
- Genetische Charakterisierung der Biomasse
- Bioakkumulation von Uran und Curium in Abhängigkeit des pH-Wertes und der Ionenstärke
- erste spektroskopische Messungen am Bioakkumulat

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9501
Vorhabensbezeichnung: Goelektrische Untersuchung der Entsättigung des Opalinuston im Ventilationsversuch im Mont Terri Untertagelabor		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2001 bis 31.03.2004	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 283.253,00 EUR	Projektleiter: Dipl.-Geophys. Rothfuchs	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Auswahl und Beschaffung der für die Untersuchungen zur Abhängigkeit der Resistivität vom Feuchtegehalt notwendigen Proben aus dem Mont Terri UTL sowie Durchführung erster Messungen
- Aufbau und Vor-Ort-Installation einer gemeinsamen Messapparatur für den Heater Test (HE) und das Ventilations-Experiment (VE)
- Teilnahme an "Technical Meetings" des Mont Terri-Projektes

4. Ergebnisse

- An Proben der Bohrungen BHE 19 und BHE 20 wurden zunächst die Resistivitäten im Ausgangszustand bestimmt. Die Resistivitäten lagen im Bereich zwischen 21 und 35 Ωm . Die Proben wurden zur Erhöhung des Feuchtegehalts bei 100 % Luftfeuchtigkeit bis zur Gewichtskonstanz in einem Exsikkator gelagert und die Gewichtszunahme und Resistivitätsabnahme fortlaufend gemessen. Nach einem Zeitraum von ca. 8 Wochen und einer Gewichtszunahme von ca. 13 g bis 15 g verringerten sich die Resistivitäten auf ca. 16 Ωm bis 19 Ωm . Diese Werte stimmen gut mit der beim HE-Test gemessenen In-situ-Resistivität überein und bestätigen die Vermutung der Vollsättigung des Opalinus Tonsteins im HE-Versuchsfeld.
- Die neue Messapparatur wurde im Herbst 2001 im Labor in Braunschweig aufgebaut und kalibriert. Anschließend wurde sie Anfang Dezember 2001 im HE-Versuchsfeld installiert und in Betrieb genommen. Erste Messergebnisse aus dem HE-Versuchsfeld deuten auf eine qualitative Verbesserung der Messergebnisse hin.
- Mit den Partnern des Mont Terri-Projektes (MTP) wurden die Einbindung des VE-Experimentes in das Forschungsprogramm der Phase 7 des MTP sowie die Darstellung der Finanzierung des Projektes gegenüber der Europäischen Kommission diskutiert und abschließend festgelegt. Für das VE-Experiment wurde ein revidierter Projektzeitplan vereinbart, der nunmehr die geoelektrischen Installationen nach der Sommerpause 2002 vorsieht.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Ermittlung der Resistivitäts-Feuchte-Beziehung an Proben aus dem VE-Versuchsfeld bei Trocknung unter Raumtemperatur
- Durchführung von Auslegungsrechnungen zur Festlegung der Geometrie des Messarrays
- Bau der Messketten und Vorbereitung der Installation des Messarrays im Versuchsfeld

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine	Förderkennzeichen: 02 E 9511
Vorhabensbezeichnung: Gegenüberstellung von Endlagerkonzepten im Salz und Tongestein (GEIST)	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2001 bis 31.01.2004	Berichtszeitraum: 01.08.2001 bis 31.12.2001
Gesamtkosten des Vorhabens: 710.316,00 EUR	Projektleiter: Dipl.-Ing. Filbert

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Im Rahmen des Vorhabens arbeitet die DBE TECHNOLOGY GmbH an folgenden Arbeitspaketen:

AP1: Zusammenstellen der Basisdaten und Randbedingungen für eine vergleichende Gegenüberstellung

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

AP2: Endlagerbehälterkonzepte

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

AP3: Endlagerauslegung/-technik

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

AP4: Endlagersicherheit der Betriebsphase

Behandelt werden hier die Themen Strahlenschutz, Safeguards sowie Kritikalität.

AP5: Endlagersicherheit in der Nachbetriebsphase

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

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

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

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

im Rahmen der AP1 und AP 2 wurde begonnen. Zur Erstellung einer geologischen Beschreibung der einzelnen Standorte Hades (Belgien), Mont Terri (Schweiz) und Bure (Frankreich) wurde die Bearbeitung aufgenommen. Ebenso wurde mit der Auswertung der Unterlagen zum spanischen Tonprojekt begonnen.

4. Ergebnisse

keine

5. Geplante Weiterarbeiten

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

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine		Förderkennzeichen: 02 E 9521	
Vorhabensbezeichnung: Übertragung des Sicherheitsnachweiskonzeptes für ein Endlager im Salz und andere Wirtsgesteine (ÜBERSICHT)			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2001 bis 30.07.2003		Berichtszeitraum: 01.08.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 355.415,00 EUR		Projektleiter: Dipl.-Ing. Müller-Hoeppe	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Im Rahmen des Vorhabens werden folgende Arbeitspakete bearbeitet:

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- AP1: Die Informationen zu Endlagerkonzepten in Granit für die Länder Schweden, Finnland, Schweiz und Kanada wurden in tabellarischer Form zusammengestellt, zu Endlagerkonzepten in Ton für die Länder Schweiz, Belgien und Frankreich.
Die in den verschiedenen Endlagerkonzepten vorhandenen Barrieren wurden hinsichtlich ihrer Wirkungsweise klassifiziert. Eine erste Zuordnung von Endlagerbedingungen und Bemessungssituationen, die der ungestörten Entwicklung bzw. der gestörten Entwicklung des Endlagers zuzuordnen sind, wurde vorgenommen..
- AP2: noch nicht begonnen
- AP3: Zur Quantifizierung des Sicherheitsniveaus von Einzelbarrieren (Permeationsbarrieren) wurde mit der Zusammenstellung quantitativer Daten begonnen.
- AP4: noch nicht begonnen
- AP5: noch nicht begonnen

4. Ergebnisse

Ein Vergleich der Zuordnung der Endlagerbedingungen und Bemessungssituationen verschiedener Länder zeigte Unterschiede. Dies ergibt sich einerseits aus dem unterschiedlichen Tiefgang der Planung in den verschiedenen Ländern andererseits aus den unterschiedlichen angenommenen Standorten in den verschiedenen Ländern. So sind Endlagerbedingungen und Bemessungssituationen, die für die für die Skandinavischen Länder ggf. der ungestörten Entwicklung zugeordnet werden, für die Schweiz nicht in dem Maße relevant, z. B. das Eindringen salzhaltiger Wässer in das Endlager (Granit). Die Informationen zu dem Endlagerkonzept in Frankreich (Ton) weisen noch einen so geringen Tiefgang aus, dass auf Grund der geringen Datenbasis die Angabe eines Sicherheitsniveaus nicht belastbar möglich ist. Die Untersuchungen werden deshalb auf die Endlagerkonzepte der Schweiz und Belgiens beschränkt.

Hinsichtlich der natürlichen und technischen Permeationsbarrieren konnte ein werkstoffbezogenes, standortunabhängiges Kriterium identifiziert werden, das zur Bewertung der Güte der jeweiligen Barriere herangezogen werden kann. Für einen Schachtverschluss im Ton liegen erste quantitative Basisdaten vor.

5. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Die Arbeiten werden vervollständigt, unterschiedliche Zuordnungen hinsichtlich Endlagerbedingungen und Bemessungssituationen werden genauer untersucht und
- AP2: siehe Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete
- AP3: Die Zusammenstellung quantitativer Daten wird weitergeführt
- AP4: siehe Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete
- AP5: siehe Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine	Förderkennzeichen: 02 E 9531
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung Thermischer Expansions-Effekte (TEE) in Tonformationen	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2001 bis 30.09.2004	Berichtszeitraum: 01.10.2001 bis 31.12.2001
Gesamtkosten des Vorhabens: 770.570,14 EUR	Projektleiter: Dipl.-Geophys. Jobmann

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Zu 1: Ein „Umbrella Agreement“ zur grundsätzlichen Beteiligung am Versuchsprogramm im Bure URL wurde von ANDRA und DBE TECHNOLOGY erarbeitet und unterzeichnet.

Das erste „Specific Experiment Agreement“ zur Beteiligung an dem ersten konkreten Experiment wurde vorbereitet.

Zu 2: Begonnen wurde mit einer Literaturrecherche zum Materialverhalten von Tongesteinen unter Berücksichtigung der lokalen Verhältnisse in Bure.

Zu 3. Das erste Planungsdokument zum Einsatz der faseroptischen Mess-System im URL wurde im Entwurf erarbeitet.

4. Ergebnisse

keine

5. Geplante Weiterarbeiten

Fertigstellung des Planungsdokumentes.

Vorbereitung der faseroptischen Systeme, die für den Einsatz im ersten Experiment vorgesehen sind.

Erste Berechnungen zum Verformungsverhalten der Tonformation in Schachtnähe

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln	Förderkennzeichen: 02 E 9541
Vorhabensbezeichnung: Vorprojekt zur Beteiligung am Forschungsprogramm der ANDRA im URL Bure	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2001 bis 31.12.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001
Gesamtkosten des Vorhabens: 737.738,00 EUR	Projektleiter: Dr.-Ing. Zhang

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Zusammenstellung wesentlicher Materialdaten
- Durchführung von Fachgesprächen mit ANDRA zur Abstimmung eines Laboruntersuchungsprogramms sowie zur Beteiligung an den geplanten Experimenten im MHM-URL
- Entwurf eines Versuchssystems zur Durchführung von gekoppelten THM-Versuchen
- Beschaffung eines THM-Rechenprogramms
- Konzeption und Auftragserteilung für eine Apparatur zur Messung von Diffusionskoeffizienten in kompaktierten Tonen

4. Ergebnisse

- Durch eine Literaturstudie wurden relevante Materialdaten von Tonsteinen zusammengestellt und bei der Planung der Laborversuche berücksichtigt.
- GRS hat ein Rahmenprogramm zur Beteiligung an den geplanten Experimenten im MHM-URL erstellt. Das Programm wurde am 4. und 5. September 2001 in Braunschweig in einem ersten Fachgespräch mit ANDRA diskutiert. Im verbleibendem Zeitraum des Jahres wurde das GRS-Programm weiter konkretisiert. So wurde das geotechnische Labor- und Modellierungsprogramm mit speziellen Zielen am 29. November 2001 in Chatenay-Malabry bei ANDRA weiter diskutiert und ein von beiden Seiten als wichtig und notwendig erachtetes Untersuchungsprogramm festgelegt.
- Zur Durchführung von gekoppelten THM-Laborversuchen wurde ein Testsystem für eine triaxiale Prüfanlage konzipiert und die erforderlichen Materialien für die Einrichtung des Prüfstandes bestellt.
- Nach Vergleich einiger THM-Rechenprogramme (z. B. ABAQUS, CASTEM2000 etc.) wurde das Programm CODE-BRIGHT, das an der Universität Barcelona entwickelt wurde, für künftige THM-Modellrechnungen zur Begleitung der geplanten Laboruntersuchungen und der Experimente im MHM-URL beschafft.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung der Fachgespräche mit ANDRA zur endgültigen Festlegung der Beteiligung am MHM-URL-Forschungsprogramme
- Weiterführung der Zusammenstellung von Materialdaten und THM-Stoffmodellen
- Erprobung bzw. Kalibrierung der modifizierten THM-Prüfanlage and Durchführung von ersten HM-Versuchen
- Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur Messung der Dilatanz bzw. Schädigung von Tongesteinen
- Vorbereitung der Permeabilitätsmessung mit Wasser
- Einarbeitung in die Handhabung des THM-Programms CODE-BRIGHT
- Ansetzen eines Kaskadenauslaugversuches mit vermahlenem Tonstein und selbst hergestelltem Opalinustonwasser
- - Aufbau und erste Versuche mit der Diffusionsmesszelle

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9551	
Vorhabensbezeichnung: Anwendung von Transportprogrammen auf die Nuklidmigration in Natürlichen Gesteinsformationen mit Feldmessungen			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2001 bis 28.02.2005		Berichtszeitraum: 01.09.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.252.955,00 EUR		Projektleiter: Dr. Noseck	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Auswertung von Edelgasmessungen an Grundwasserproben aus zwei Aquiferen.
- Auswertung der Messungen stabiler Isotope in Proben aus oberflächennahen Grundwässern der Umgebung zur genaueren Charakterisierung der Herkunft der Wässer in den Grundwasserleitern NA4 und NA5 am Standort Ruprechtov.
- Vorbereitung der nächsten Bohrkampagnen an den Standorten Heselbach und Ruprechtov
 - Erstellung dreidimensionaler Profile beider Standorte
 - Identifikation und Festlegung geeigneter Bohrplätze
 - Optimierung der Eh-Bestimmung in den reduzierenden GW-Leitern
 - Koordination und Planung aller Feldarbeiten
 - Abstimmung der Bohrarbeiten und Aufgabenverteilung mit dem Tschechischen Nuclear Research Institute

4. Ergebnisse

Die aus unterschiedlichen Tiefen (Aquiferen) gewonnenen Grundwasserproben der Messstellen NA4 und NA5 am Standort Ruprechtov weisen deutliche Unterschiede in ihrer isotopischen Zusammensetzung auf. Ob und inwieweit dies mit unterschiedlichen, in verschiedener topographischer Höhe gelegenen Grundwasserneubildungsgebieten erklärt werden kann, muss mittels Wiederholungsmessungen unter Einbeziehung zusätzlicher Messstellen und unter Berücksichtigung der paläogeographischen Entwicklung des Standortes überprüft werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Durchführung der nächsten Bohrkampagnen an den Standorten Heselbach und Ruprechtov
 - Durchführung von 2 Bohrungen am Standort Ruprechtov und Gewinnung von Bohrkernmaterial
 - Durchführung von 10 Bohrungen am Standort Heselbach und Gewinnung von Bohrkernmaterial
 - Geophysikalisches Logging zur In-situ-Charakterisierung der Sedimentschichten
 - Einrichtung von Grundwassermessstellen in den neuen Bohrungen
 - In-situ-Bestimmung relevanter GW-Parameter wie Eh-, pH-Wert und S₂-Konzentration
 - Einrichten einer Wetterstation am Standort Heselbach
- Beginn der Charakterisierung der neuen Proben
 - γ -spektroskopische Charakterisierung der Bohrkernkerne
 - Bohrkernbeschreibung aller Proben
 - Verteilung geeigneter Kernsegmente an die beteiligten Institutionen zur Durchführung der analytischen Arbeiten (chemische und mineralogische Analyse, Radiometrie, sequentielle Extraktion und Sedimentation, mikroskopische Analyse, Porenwasseranalyse)
 - Verteilung ungestörter Grundwasserproben an die beteiligten Institutionen zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung, des Gehalts stabiler Isotope, von Kolloiden und ggf. Edelgasen

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 E 9561	
Vorhabensbezeichnung: Modellentwicklung zur Quellung hochkompakter Bentonite im Kontakt zu Lösungen unterschiedlicher Salinität im Temperaturbereich 25 - 120°C			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2001 bis 30.09.2004		Berichtszeitraum: 01.10.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.558.986,00 DM		Projektleiter: Dr. Herbert	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Bau der Messstände für Quelldruckmessungen bei Umgebungstemperaturen

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

AP2: Durchführung der Messungen bei Umgebungstemperaturen

Es werden die Messungen zum Erreichen des Teilziels 1 durchgeführt.

AP3: Quelldruckmessungen in Abhängigkeit von der Probengeometrie

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

AP4: Quelldruckmessungen in Abhängigkeit von der Probengröße

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

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

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

AP6: Erstellung des geochemischen Modells für Quelldrücke

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Die Arbeiten zu AP1 wurden abgeschlossen und erste Messungen durchgeführt. Die Planungsarbeiten für den Bau einer Messzelle für quaderförmige Probekörper wurden abgeschlossen. Die Planungen und die Materialbeschaffung für den Aufbau eines Messstandes für Messungen bei erhöhten Temperaturen wurden abgeschlossen.

4. Ergebnisse

Neu gebaute Messzellen mit Druckaufnehmern parallel und senkrecht zur Einregelung der Tonminerale wurden getestet. Wie erwartet, wurden unterschiedliche Werte in Abhängigkeit von der Richtung gemessen. Früher gemessene Quelldruckwerte in der Längsachse der Probekörper, d. h. senkrecht zur Einregelung konnten bestätigt werden. Dagegen sind die parallel zur Einregelung gemessenen Werte nicht realistisch. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Probekörper in der Messzelle verdichtet werden und die Probe in radialer Richtung vor Beginn der Messung nicht völlig entspannt vorliegt. Der Drucksensor zeigt eine Vorspannung an, die von der Verdichtung und der nur teilweisen Entspannung herrührt. Dieser Offset muss nach erfolgter Quelldruckmessung abgezogen werden, um den Quelldruck in radialer Richtung zu bekommen. Die so erzielten Werte schwanken allerdings stark und sind nicht belastbar. Während eine Entspannung in Längsrichtung vor Beginn der Messung abgewartet werden kann, ist eine Entspannung in radialer Richtung infolge der seitlichen Einspannung nicht zu erreichen. Auf die Quelldruckmessung in radialer Richtung muss daher vorerst verzichtet werden. Für diese Messung werden neue technische Lösungen überlegt.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die im AP2 vorgesehenen Messungen werden durchgeführt. Mit dem Bau der Messzelle für quaderförmige Proben wird begonnen. Der Bau der Messzelle für Messungen bei erhöhten Temperaturen wird abgeschlossen und mit Testmessungen begonnen werden.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Die untenstehende Veröffentlichung enthält Ergebnisse des Vorgängervorhabens 02 E 8986 und stellt die technischen Neuerungen vor, die im laufenden Vorhaben zum Einsatz kommen.

Herbert, H.-J. and Moog, H. (2001): Experimental results and modeling of the swelling of compacted bentonites under different saline conditions. – Proceedings of the 8th International Conference on Radioactive Waste Management and Environmental Remediation, Sept. 30 - Oct. 4, 2001, Bruges, Belgium, 7p.

Auftragnehmer: DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine	Förderkennzeichen: 02 E 9571
Vorhabensbezeichnung: Koordination geowissenschaftlicher Tätigkeiten in alternativen Wirtsgesteinen	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2001 bis 31.12.2004	Berichtszeitraum: 01.08.2001 bis 31.12.2001
Gesamtkosten des Vorhabens: 338.198,21 DM	Projektleiter: Dr. Krone

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Arbeitsprogramm umfasst die Koordinierung geowissenschaftlicher Arbeiten zu alternativen Wirtsgesteinen. Dies beinhaltet sowohl

- die Vorbereitung gemeinsamer Forschungsvorhaben als auch
- die Koordination der Abwicklung gemeinsamer Forschungsvorhaben.

3. Durchgeführte Arbeiten

In 2001 wurden noch keine gemeinsamen Forschungsarbeiten durchgeführt. Im Mittelpunkt stand daher die Vorbereitung der Aufnahme der Forschungsarbeiten im Jahr 2002. Hierzu wurden die Arbeitspläne und eine gemeinsame Vorhabensbeschreibung zu den Themen „Untersuchungen zur Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in Granitformationen“ und „Untersuchungen zur Endlagerung hochradioaktiver und wärmeerzeugender verglasteter Abfälle in Porphyrf ormationen“ erarbeitet und abgestimmt.

4. Ergebnisse

FuE-Ergebnisse liegen zurzeit noch nicht vor, da die eigentlichen FuE-Arbeiten erst 2002 anlaufen werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

Für 2002 ist der Abschluss der Abstimmungen zum Arbeitsprogramm sowie Beginn der Forschungsarbeiten vorgesehen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

2.2 C-Vorhaben

Zuwendungsempfänger: Kali und Salz Beteiligungs AG, Friedrich-Ebert-Str. 160, 34119 Kassel		Förderkennzeichen: 02 C 0516
Vorhabensbezeichnung: Schachtverschlüsse für untertägige Deponien in Salzbergwerken -Forschungsvorhaben Schachtverschluss Salzdetfurth Schacht SA II-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.1996 bis 30.09.2002	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 13.299.913,00 DM	Projektleiter: Dr. Breidung	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP 1 Vorbereitung, Konzeptentwicklung und Projektabwicklung

AS 1.1 Vorbereitung

AS 1.2 Planung

AS 1.3 Projektabwicklung

AP 2 Bestandsaufnahme und Voruntersuchungen

AS 2.1 Bestandsaufnahme Schächte SA I und SA II

AS 2.2 Voruntersuchungen im Schacht SA II

AP 3 Voruntersuchungen zur Schottersäule

AP 3.1 Labor- und halbtechnische Versuche

AP 3.2 Vorversuche Schottersäule SA I

AP 3.3 Einbau und Überwachung der Schottersäule in SA II

AP 4 Untersuchungen zum Dichtelement

AP 4.1 Technikumsversuche Freiberg

AP 4.2 Einbau und Überwachung des Dichtelementes im Bohrschacht

AP 5 Numerische Modelle

AS 5.1 Geotechnisches Modell

AS 5.2 Hydraulische Modellrechnung

AS 5.3 Langzeitsicherheitsbetrachtungen

3. Durchgeführte Arbeiten

- AP1 - Laufende Projektbegleitung mit Kostenauswertung zum Stand des Projektes.
Erstellen von Betriebsplänen zu aktuellen Projektaktivitäten
- AP2 - Fortführung von Konvergenz- und Temperaturmessungen bis zum Ende der Projektlaufzeit
- AP3 - Schotterbefüllung im Schacht SA II Füllortbereich 550m-Sohle sowie Einbau von Messsystemen und Fortsetzung der Messungen
- AP4 - Aufschluss des Bohrschachtes nach Ende der Haltephase bei 70 bar und Druckabbau. Der Aufschluss erfolgte durch lagenweises Ausräumen des oberen und teilweise des unteren Dichtelementes. Dabei wurden die Messgeräte zur weiteren Auswertung zurückgewonnen
- AP5 - Gebirgsmechanische Berechnungen zur Langzeitsicherheit der Verfüllsäule aus Schotter im Schacht SA II
Gebirgsmechanische und hydraulische Berechnungen zur Langzeitsicherheit des Schachtverschlussbauwerkes

4. Ergebnisse

- AP4 - Nachweis der sicheren Funktion und Wirkungsweise des Dichtsystems im Bohrschachtversuch gegenüber Fluiddrücken bis 70 bar. Aussagen zur Entwicklung der Feuchtigkeitsfront in den Dichtelementen
- AP5 - Gebirgsmechanische Berechnungen zur Verfüllsäule aus Schotter
Gebirgsmechanische und hydraulische Berechnungen zur Langzeitsicherheit des Schachtverschlussbauwerkes

5. Geplante Weiterarbeiten

- AP3 - Weitere Verfüllung, Einbau, Einbau der Messsysteme sowie Datenerfassung Schotter säule Schacht SA II
- AP4 - Auswertung des Aufschluss des Bohrschachtes
- AP5 - Weiterführende hydraulische und gebirgsmechanische Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit des Schachtverschlussbauwerkes

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: FhG-München, Leonrodstraße 54, 80636 München		Förderkennzeichen: 02 C 0537
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung und In-situ-Test akustischer Verfahren zur zerstörungsfreien Beurteilung von Auflockerungszonen im Salinar		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1997 bis 31.12.2001	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.132.021,00 DM	Projektleiter: Dr. Kühnicke	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

Arbeitspunkt 6: Auswertung und Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten

Arbeitspunkt 1 - 4: Im Berichtszeitraum keine Aktivitäten.

Arbeitspunkte 5: In unmittelbarer Umgebung des Versuchsverschlussbauwerks (EU 1) wurde eine mikroseismische Überwachungseinrichtung mit sechs Bohrlochsensoren für den Empfang und einem Sender betrieben.

Arbeitspunkt 6: Im Berichtszeitraum keine Aktivitäten.

4. Ergebnisse

Arbeitspunkt 5: Der Versuchsdamm hat sich im Laufe der Druckaufbringung stark bewegt. In den Saumzonen haben sich die mikroseismischen Aktivitäten nicht verändert. Dies deutet darauf hin, dass das Gebirge bisher keinen weitreichenden kraftschlüssigen Verbund mit dem Versuchsdamm eingegangen ist. Der unmittelbare Kontakt Stoß Dammbauwerk ist über den gesamten Versuchszeitraum konstant geblieben. Der Sohlenkanal, in dem die Hauptumläufigkeiten vermutet werden, zeichnet sich nicht durch erhöhte Schallemissionsaktivitäten aus.

5. Geplante Weiterarbeiten

Der Abschlussbericht wird erstellt.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

H. Kühnicke, F. Schubert, (2001) PTE-Abschlussbericht Vorhaben 02 C „Komplexes Mess- und Auswertinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen - Sonarverfahren“

H. Kühnicke, O. Reutter, F. Schubert (2001) „Ortungsverfahren für die kontinuierliche Emission“, 13. Kolloquium Schallemission in Jena, Berichtsband 78 der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung

H. Kühnicke, O. Reutter, F. Schubert (2001) „Ortungsverfahren für die kontinuierliche Emission“, 13. Kolloquium Schallemission in Jena, Berichtsband 78 der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung

Zuwendungsempfänger: TU-BAF, Akademiestr. 6, 09596 Freiberg		Förderkennzeichen: 02 C 0547
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung eines Grundkonzepts für langzeitstabile Streckenverschlussbauwerke im Salinar -Bau und Test eines Versuchsverschlussbauwerkes unter realen Bedingungen-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1997 bis 30.06.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 6.363.803,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Sitz	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

AP 8: Entsprechend des „Maßnahmeplanes zur Wiederherstellung geeigneter Versuchsbedingungen und zur Weiterführung des Versuches am Versuchsverschlussbauwerk“ vom 08. 06. 2001 wurden Injektionsarbeiten mit einer Bentonitsuspension in die Druckkammer 1 durchgeführt, um die im Sohlenkanal vermuteten Umläufigkeiten zu reduzieren. Nach diesen Arbeiten erfolgte die planmäßige Weiterführung der Druckbeaufschlagung vom 05. 11. Bis 29. 11. 2001.

4. Ergebnisse

AP 8: Die Injektionsarbeiten wurden erfolgreich durchgeführt, so dass die Druckbeaufschlagung in die Druckkammer 1 fortgeführt werden konnte. Am 19. 11. 2001 wurde der geplante Enddruck von 80 bar erreicht und über zehn Tage konstant gehalten. Am 29. 11. 2001 musste der Versuch abgebrochen werden, da am statischen Widerlager Verschiebungsbeträge von ca. 16 mm/Tag nachgewiesen wurden, die zu einer Auflockerung des Dichtelementes führen können.

5. Geplante Weiterarbeiten

AP 8: Ab 02. 01. 2002 beginnt der Rückbau des Gesamtbauwerkes.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Sitz, P.: Langzeitstabile Verschlussbauwerke in Strecken und Schächten. Zeitschrift „Bergbau“, 52. Jahrgang, 11/2001

Zuwendungsempfänger: Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA), Stilleweg 2, 30631 Hannover		Förderkennzeichen: 02 C 0578
Vorhabensbezeichnung: Komplexes Mess- und Auswerteeinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und UTD im Salinar -Einbeziehung elektromagnetischer Verfahren-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1998 bis 30.09.2001	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 30.09.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 877.300,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Schulz	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

AP1, 2, 3,4 und 5: abgeschlossen
 AP6: Umsetzung des Konzeptes zur kombinierten Interpretation für alle geophysikalischen Messdaten wurde abgeschlossen.

4. Ergebnisse

Sämtliche elektromagnetische (EM) und elektromagnetische Reflexionsmessungen (EMR, Georadar) sind interpretiert worden; das Konzept für die quantitative Beschreibung eines Problemindex wurde weiterentwickelt. Die Ergebnisse sind in einem Bericht zusammengefasst, der als ein wesentlicher Teil in den gemeinsamen Abschlussbericht eingearbeitet worden ist.

Die geophysikalischen Einzelverfahren wurden in Bezug auf den Anwendungsfall zum Teil neuartig konzipiert und durch komplexe Auswertalgorithmen verknüpft, die den Informationsgehalt der Messdaten in ihrer kombinatorischen Vielfalt besser ausnutzen. Messtechnisch konnten Reichweite und Auflösungsvermögen optimiert sowie die Richtungszuordnung verbessert werden. Die Anomaliekriterien für die Wellenverfahren wurden weiter entwickelt und zusammen mit den Anomaliekriterien für die elektrischen Verfahren zu einem Problemindex zusammengefasst.

5. Geplante Weiterarbeiten

Das Projekt ist abgeschlossen und ein Abschlussbericht erstellt. Ein Manuskript für eine zusammenfassende Veröffentlichung soll noch vervollständigt werden. Für ein mittlerweile genehmigtes Anschlussvorhaben werden mit den Grubenbetreibern Bedingungen für in Frage kommende weitere Mess-Standorte diskutiert.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

JACOBS, F., KUHLENKAMPFF, J., ASCHMANN, L., SCHUCK, A., LINDNER, U., SCHWANDT, A., KURZ, G., MOISE, E., SCHULZ, R., REUTTER, O., SCHUBERT, F. & KÜHNICKE, H. (2001): Komplexes Mess- und Auswertinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und UTD im Salinar. - Wissenschaftliche Berichte FZKA-PTE 7: 1-26; Karlsruhe (Forschungszentrum Karlsruhe).

KURZ, G., MOISE, E. & SCHULZ, R. (2001): Detection of brine zones in salt mines by electromagnetic methods combined with other geophysical measurements. 7th Meeting Environmental and Engineering Geophysics, Proceedings: 112-113; Birmingham (EEGS).

KURZ, G., MOISE, E., SCHULZ, R., KUHLENKAMPFF, J., ASCHMANN, L. & JACOBS, F. (2001): Joint interpretation of underground geophysical measurements: 7th Meeting Environmental and Engineering Geophysics, Proceedings: 80-81; Birmingham (EEGS).

KURZ, G., MOISE, E. & SCHULZ, R. (2001): Komplexes Mess- und Auswertinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und Untertagedeponien (UTD) im Salinar - Einbeziehung elektromagnetischer Verfahren. - Abschlussbericht GGA, Archiv-Nr. 121 284; Hannover.

SCHULZ, R., KURZ, G. & MOISE, E. (2001): Integrated geophysical measuring and analysis system for underground detection of problem zones in salt rock: including electromagnetics. - WMRA 26: 3906; Vienna (IAEA).

Zuwendungsempfänger: TU-Clausthal, Adolph-Roemer-Str. 2 A, 38670 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 C 0588
Vorhabensbezeichnung: Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des grubenraumnahen Gebirges in Verbindung mit der Planung von Damm- und Verschlussbauwerken im Salinar -Teil A: Mechanische Modellbildung und mechanisch-hydraulische Tragwerksanalyse-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1998 bis 31.12.2001	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.031.373,36 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Lux	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- a) Aufarbeitung der vorhandenen Erkenntnisse zu geomechanisch-geohydraulischen Wechselwirkungen im Salinar und Formulierung einer diese Prozesse quantifizierenden Arbeitshypothese.
- b) Implementierung des hypothetischen Stoffmodellansatzes zur Beschreibung der Gefügauflockerung (Dilatanz).
- c) Rechnerische Ermittlung von charakteristischen Beanspruchungszuständen im Streckennahbereich.
- d) Aufbau eines Versuchsstandes zur Durchführung von Versuchen an axial gelochten Großbohrkernen.
- e) Gewinnung von Bohrkernmaterial.
- f) Laborversuche zur Entstehung von Auflockerungszonen bei variierten Beanspruchungsrandbedingungen (σ, t).
- g) Quantifizierung der hydraulischen Wirksamkeit von Auflockerungszonen.
- h) Erweiterung der vorhandenen FE-Software um den neu entwickelten geohydraulischen Teil (Teil B),
- i) Numerische Simulation der Experimente an axial gelochten Großbohrkernen zur Validation.
- j) Prüfung (Verifizierung, Falsifizierung) der Arbeitshypothese, gegebenenfalls Modifizierung.
- k) Anwendung der neuen FE-Software auf die rechnerische Simulation der mechanisch-hydraulischen Prozesse im Saumbereich von Abdichtungsbauwerken.

3. Durchgeführte Arbeiten

- * Durchführung von Modellversuchen auf dem Modellprüfstand;
- * Auswertung von Modellversuchen und numerische Nachrechnung
- * Programmierung erweiterte Versuchssoftware Modellprüfstand;
- * Herstellung von Salzprüfkörpern;
- * Triaxialversuch mit akustischen Messungen durch GmuG;
- * Mechanisch-hydraulisch gekoppelte FEM-Berechnungen für ein artifizielles Dammbauwerk;

In den Jahren 1999 und 2000 wurden die Arbeiten zur theoretischen Entwicklung und Implementierung jeweils eines Stoffmodellansatzes zur mechanischen und hydraulischen Berechnung von Auflockerungszonen abgeschlossen und die Kopplung der beiden Stoffmodellansätze realisiert. Durch numerische Verifikationsberechnungen und vergleichende analytische Untersuchungen wurden die Implementierungen der Stoffmodelle in das FEM-Programmsystem MISES3 verifiziert.

Zur Validierung der mechanisch-hydraulisch gekoppelten Berechnung sind in 2001 Laborversuche an axialgelochten Steinsalzbohrkernen unter variierten Randbedingungen durchgeführt worden. Während der Versuche wurden neben den klassischen Messwerten Axialspannung, Axialverformung, Mantelspannung und Temperatur die volumetrische Prüfkörperdeformation (Volumenänderung der Innenbohrung, Volumenänderung des Prüfkörpers) sowie die Änderung der Gaspermeabilität durch eine versuchsbegleitende kontinuierliche Messung erfasst. Durch die vergleichende Nachrechnung der Versuche mit dem um die mechanisch-hydraulisch gekoppelte Berechnung erweiterten FEM-Programmsystem MISES3 erfolgt eine Validierung der gekoppelten Berechnung. Schließlich wurde für ein artifizielles Dammbauwerk eine dezidierte Analyse des Tragverhaltens unter mechanischen, hydraulischen und mechanisch-hydraulisch gekoppelten Beanspruchungen durchgeführt und ein System von Bewertungskriterien erarbeitet.

4. Ergebnisse

- * Programmsystem zur mechanisch-hydraulisch gekoppelten Analyse von untertägigen Tragwerken

Entsprechend der Zielstellung des Vorhabens wurde ein Programmsystem zur Analyse mechanisch-hydraulisch gekoppelter Prozesse entwickelt. Im Rahmen umfangreicher numerischer Untersuchungen zum mechanisch-hydraulischen Tragverhalten eines Dammbauwerkes konnte aufgezeigt werden, dass die gekoppelte Analyse mechanisch-hydraulischer Prozesse gegenüber kopplungsfreien Berechnungen signifikante Änderungen in den Beanspruchungen im Nahbereich von Damm- und Verschlussbauwerken induziert.

5. Geplante Weiterarbeiten

- * Abschlussbericht

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: TU-Clausthal, Adolph-Roemer-Str. 2 A, 38670 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 C 0598
Vorhabensbezeichnung: Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des grubenraumnahen Gebirges in Verbindung mit der Planung von Damm- und Verschlussbauwerken im Salinar -Teil B: Hydraulische Modellbildung-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1998 bis 31.12.2001	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 876.750,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Pusch	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Kompressions-Extensions-Versuche: Nach der vorläufigen Auswertung der Messergebnisse wurden zusätzliche Triaxialmessungen durchgeführt, um Unsicherheiten der Interpretation zu beseitigen.

Insgesamt wurden 8 Kompressionsversuche mit der TRIAX-300 Zelle unter verschiedenen Belastungsbedingungen durchgeführt. Die genaue Bestimmung der Dilatanzgrenze für Asse Salz sowie des Einflusses der Belastungsgeschwindigkeit und der Strukturalparameter auf die Dilatanzgrenze waren Ziel dieser Experimente.

Akustische Messungen: Die Auswertung der Versuche wurde abgeschlossen. Die Dilatanzgrenze sowie die zeitliche und räumliche Verteilung der georteten Ereignisse wurden erfasst und mithilfe der GMuG Software bestimmt.

Hydraulische Modellbildung: Die Permeabilität-Dilatanz Daten wurden analysiert und korreliert mit mechanischen Eigenschaften. Das empirische, poro-plastische Hydraulikmodell wurde weiter bearbeitet und in Hinblick auf die neuen Versuchsergebnisse verifiziert.

4. Ergebnisse

Abschlussberichtentwurf. Der Abschlussbericht enthält:

Problemstellung und Literatursammlung, experimentelle Arbeiten; Messanlagen, Mess-Methodik, Probenvorbereitung, Datenerfassung, Visualisierung und Charakterisierung von Rissen an belasteten und unbelasteten Asse-Kernen, Auswertung von Kompressionsversuchen und Verarbeitung der Messwerte, Dilatanzgrenze; Bestimmung der Dilatanzgrenze für das Asse-Salz, Effekte der Belastungsgeschwindigkeit und der strukturellen Eigenschaften auf die Dilatanzgrenze und das Perkolationsverhalten, Korrelationsanalyse zwischen mechanischen Parametern, Dilatanz und der Permeabilität, Modellbildung.

5. Geplante Weiterarbeiten

Das Forschungsvorhaben ist termingerecht abgeschlossen. Fertigstellung von Abschlussbericht und Dokumentationsarbeiten gehen weiter.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0618
Vorhabensbezeichnung: Erstellung einer Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung geochemischer Informationen zum Verhalten von Abfallinhaltsstoffen im Deckgebirge einer UTD/UTV (Sorptionsdatenbank Chemieabfälle)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.1998 bis 31.08.2001	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.08.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 913.973,00 DM	Projektleiter: Dr. Brassler	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Durchführung des Vorhabens ist in folgenden Arbeitsschritten konzipiert:

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Weiterführung und Abschluss der Datenrecherchen
- Weiterführung und Abschluss der Dateneingabe
- Zusammenführung von Teildatenbanken der einzelnen Projektpartner
- Abschluss der ARBUS-Aktualisierung
- Erstellung des Abschlussberichtes (incl. Datenbank-Kopie)

4. Ergebnisse

- Bereitstellung eines Datenbank-Tools mit geochemischen Informationen zum Verhalten von Abfallinhaltsstoffen im Deckgebirge einer UTD/UTV, das dem Benutzer eine komfortable Abfrage der Datenbankinhalte - ohne Kenntnis der Datenbankstruktur - ermöglicht

5. Geplante Weiterarbeiten

- Keine (das Vorhaben ist abgeschlossen)
- Datenbank-Pflege und Erweiterung sollen im Rahmen eines gesonderten Vorhabens durchgeführt werden

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln	Förderkennzeichen: 02 C 0628
Vorhabensbezeichnung: Modellrechnungen zur großräumigen dichteabhängigen Grundwasserbewegung	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.1999 bis 31.12.2002	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.022.701,00 DM	Projektleiter: Frau A. Schneider

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit der Fertigstellung des in den Jahren 1995-1998 unter BMBF-Förderung entwickelten Programmpaketes d³f steht ein Werkzeug zur Verfügung, das es erlaubt, Grundwasserbewegungen unter Berücksichtigung der Salinität in großräumigen, hydrogeologisch komplexen Gebieten über lange Zeiträume zu berechnen.

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Durchführung des Vorhabens ist in folgende Arbeitsschritte unterteilt:

AS1: Deckgebirge über norddeutschen und ausländischen Salzstöcken

AS2: Ausländische Endlagerstandorte

AS3: Salzwasserintrusion in Küstengebieten, Brunnen in Küstengebieten

AS4: Süßwasserlinsen unter Inseln

AS5: Dokumentation

AS6: Wartung und Pflege des Programms d³f

3. Durchgeführte Arbeiten

AS1: Das Modell wurde durch weitere Daten ergänzt.

AS2: Für das Modell der WIPP-Site wurden parallele Rechnungen durchgeführt.

AS4: Mit Hilfe des verbesserten Präprozessors konnte ein neues Modell der Insel Norderney erzeugt werden.

Die weiterentwickelte Version des Präprozessors wurde intensiv getestet, vom Entwickler werden Nachbesserungsarbeiten durchgeführt.

Der 3D-Tetraeder-Gittergenerator "ARTE" mit der Möglichkeit, für extrem dünne Schichten Prismengitter zu erzeugen, wurde entwickelt.

4. Ergebnisse

AS2: Das Ergebnis einer parallelen 2 1/2D-Rechnung mit Hexaedergittern liegt vor.

Eine verbesserte Version des Präprozessors liegt vor.

Die erste Version des 3D-Tetraeder-Gittergenerators "ARTE" wurde zum Ende des Berichtszeitraumes übernommen.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die Nachbesserungsarbeiten und die Dokumentation des Präprozessors werden zu Ende geführt.

Die Arbeiten am Hexaedergittergenerator werden fortgeführt, der Gittergenerator „ARTE“ wird erweitert und verbessert.

Die Modellerstellung wird abgeschlossen, serielle und parallele Rechnungen werden durchgeführt.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: IfG, Friederikenstraße 60, 04279 Leipzig	Förderkennzeichen: 02 C 0639
Vorhabensbezeichnung: Prognose der dynamischen Langzeitstabilität von Grubengebäuden im Salinar	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2000 bis 31.12.2001	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.047.821,00 DM	Projektleiter: Dr. Minkley

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- AP 1: Fortführung der Sondierungen zum Entfestigungszustand carnallitischer Tragelemente mittels Fracmessungen und break-out-Tests.
- AP 2: Prognoserechnungen zur Entwicklung des entfestigungsabhängigen Stabilitätsverhaltens carnallitischer Tragelemente in Abhängigkeit von der Dimensionierung der Pfeiler (Verhältnis Pfeilerbreite zu Pfeilerhöhe).
- AP 3: Durchführung numerischer Berechnungen mit Analysen zur Änderung mechanischer Größen (Beschleunigung des Konvergenz- und Senkungsgeschehens, Druckabfall im hydrodynamischen System) bei Annäherung an labile Grenzzustände.

- AP 4: Analyse der zeitlichen Entwicklung der Neigungen und Einschätzung des im Grubenfeld ablaufenden Entfestigungs- und Deformationsprozesses (stationäre, beschleunigte oder degressive Phase).
- AP 6: Ableitung dynamischer Beanspruchungsgrenzwerte für Salinarbarrieren auf der Grundlage der Laborversuche und der Nachrechnung von Schadensfällen in situ.
- AP 7: Nachrechnung der Verletzung der Integrität der geologischen Liegendbarriere beim Gebirgsschlag Völkershausen 1989.

4. Ergebnisse

- AP 1: Der kombinierte Einsatz von Fracmessungen und break-out-Tests in carnallitischen Tragelementen gestattet quantitative Aussagen über den Entfestigungs- und Belastungszustand.
- AP 2: Ein Übergang von Stabilität zu Instabilität durch zeitabhängige Entfestigung ist nur möglich, wenn in Abhängigkeit vom Belastungszustand ein bestimmtes Ausgangsverhältnis von Pfeilerbreite zu Pfeilerhöhe unterschritten wird.
- AP 3: Änderungen mechanischer Größen bei Annäherung an labile Grenzzustände in carnallitischen Tragsystemen treten erst relativ spät in Erscheinung.
- AP 4: Hochauflösende Neigungsmessungen sind im Zusammenhang mit anderen Überwachungsgrößen zur Detektion von Vorläufererscheinungen bei Systeminstabilität geeignet.
- AP 6 + AP 7: Die Beanspruchungsgrenzwerte für Salinarbarrieren sind bei dynamischen Belastungen geringer als bei statischen, wie aus Laborversuchen und Nachrechnungen zur Verletzung der Schutzschichtintegrität mit dem entwickelten visko-elasto-plastischen Stoffmodell hervorgeht.

5. Geplante Weiterarbeiten

Eine Weiterführung der Forschungen zur Prognose der dynamischen Langzeitstabilität von Grubengebäuden ist in einem Nachfolgeprojekt unter Berücksichtigung von Diskontinuitäts- und Schichtflächen im Salinar vorgesehen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

MINKLEY, W.; et. al. (2001): A visko-elasto-plastic softening model and its application for solving static and dynamic stability problems in potash mining.
Proc. 2nd Int. FLAC Symposium Lyon, 29. – 31. October, 21 - 27

Auftragnehmer: IfG, Friederikenstraße 60, 04279 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 C 0649
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Langzeitsicherheit von UTD in Salzformationen der flachen Lagerung im Zusammenhang mit dem Verformungs- und Bruchverhalten -Phase III-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2000 bis 31.12.2002	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 408.538,00 DM	Projektleiter: Dr. Salzer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

Das Vorhaben umfasst die Fortführung von geotechnischen In-situ-Messungen in einem Salzbergwerk der flachen Lagerung, die im Rahmen des Vorhabens 02 C 0062 begonnen wurden. Die Fortführung ist notwendig, um die für Langzeitsicherheitsbetrachtungen entscheidende stationäre Kriechphase zu erfassen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

An den 4 im Rahmen des Vorhabens 02 C 0062 eingerichteten Messkomplexen werden Wiederholungsmessungen zur Erfassung des Verformungsverhaltens und Spannungssondierungen durchgeführt. Die Messeinrichtungen sind zu kontrollieren und bei Erfordernis zu warten. Parallel dazu erfolgt die Auswertung der Messdaten und die Fortschreibung der für die Messkomplexe charakteristischen gebirgsmechanischen Strukturmodelle.

3. Durchgeführte Arbeiten

Die planmäßige Ablesung und Wartung der Verformungsmessstellen an allen Messkomplexen erfolgte im Berichtszeitraum.

4. Ergebnisse

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

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

5. Geplante Weiterarbeiten

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

Fortschreibung der für die Messkomplexe charakteristischen gebirgsmechanischen Strukturmodelle.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

SALZER, K.; FARKAS, F.; WIEDEMANN, M. (2001): Gebirgsmechanische Untersuchungen zur Sicherung von Grubenbauen durch Versatz am Beispiel des Ostfeldes der Grube Bernburg. Vortrag zum 6. Bergbauforum vom 18. bis 20.09.2001 in Bernburg / Sachsen-Anhalt

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln	Förderkennzeichen: 02 C 0659
Vorhabensbezeichnung: Langzeitstabilität von Tondichtungen in Salzformationen	
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien	
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1999 bis 31.12.2001	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.699.334,00 DM	Projektleiter: Dr. Herbert

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

(AP1) - Vorlaufende Arbeiten

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

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

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

(AP3) - Experimentelle Arbeiten

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Das Vorhaben wurde abgeschlossen. Alle geplanten Arbeiten sind durchgeführt worden. Die letzte Beprobung der Langzeitversuche wurde 600 Tage nach Versuchsbeginn durchgeführt. Die vorliegenden Ergebnisse der ICP-, TEM- und XRD-Analysen wurden ausgewertet und hinsichtlich der Langzeitstabilität von Bentonit im Salinar interpretiert. Über das vorgesehene Programm hinaus wurden zur Absicherung der bisherigen Ergebnisse Kurzzeitversuchsreihen (2, 10, 50, 100 Tage) angesetzt, beprobt und analysiert.

4. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchung von Salztonen sowie tertiären und rezenten Tonen als „natürliche Analoga“ zeigen, dass der ursprüngliche quellfähige Mineralbestand durch die Einwirkung salzhaltige Porenlösungen langfristig verändert wird. Je nach Bedingungen sind Prozesse wie Illitisierung, Vermikulitisierung oder Smektitisierung (Beidellit-Bildung) erkennbar. Besonders früh und stark macht sich die Beidellit-Bildung bemerkbar, während die Illitisierung auch nach extrem langen Zeiträumen nicht abgeschlossen ist.

In den 600-Tage-Versuchen wurde eine kontinuierliche Reduzierung der zunächst hohen Si- und Al-Gehalte in den Reaktionslösungen (ICP) festgestellt. Die Auflösung von Montmorillonit und damit der Anstieg von Si und Al in den Lösungen setzen sofort nach dem ersten Kontakt der Tone mit den Lösungen ein. In den XRD-Analysen wurde jedoch keine signifikanten Veränderungen des Montmorillonit beobachtet. Lediglich wurden in geringen Anteilen Illit-Montmorillonit-Wechselagerungen und in geringen Mengen Saponit und trioktaedrischer Vermikulit als neue Phasen identifiziert. Im Gegensatz zu den XRD-Messungen wurden im TEM Änderungen in der Partikel-Morphologie und der chemischen Zusammensetzung des Montmorillonit festgestellt (Pseudobeidellitisierung). Dabei handelt es sich um eine Änderung der Partikel-Morphologie zu diskreten, xenomorphen Blättchen, die von einer zunehmenden Stapelordnung begleitet wird (durch Elektronenbeugung belegt). Aus der beobachteten Substituierung von Mg durch Al in der Oktaederschicht wird gefolgert, dass Auflösungs- und Ausfällungsprozesse gegenüber möglichen „Solid-State“-Transformationen dominieren.

Hinweise auf die Beeinflussung technischer Parameter durch die Phasenveränderungen lieferten Wasseraufnahmetests, in denen mit zunehmender Experimentdauer eine signifikante Reduzierung des Wasseraufnahmevermögens des Bentonits festgestellt wurde.

5. Geplante Weiterarbeiten

Endfassung des Abschlussberichtes.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Herbert, H.-J. und Meyer, Th. (2001): Corrosion of cementitious materials under geological disposal conditions with resulting effects on the geochemical stability of clay minerals. – Proceedings of the EUROSAFE conference, Waste Management Seminar, 5.-6.Nove.2001, Paris, 39-55.

Kasbohm, J.; Venz, C.; Herbert, H.-J.; Henning, K.-H. (2001): Long term stability of Namontmorillonite in high saline solutions.- 12th Internat. Clay Conf., Bahia Blanca, Argentina, July 22-28, 2001: p. 51

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0669
Vorhabensbezeichnung: Hydraulische Kennwerte von tonhaltigen Mineralgemischen zum Verschluss von Untertagedeponien		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1999 bis 31.12.2002	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.792.143,00 DM	Projektleiter: Dr. Miehe	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1: Ermittlung hydraulischer Kennwerte von Ton-Sand-Gemischen.
AS 1: Erweiterung der vorhandenen Datenbasis bezüglich hydraulischer Kennwerte von Ton-Sand-Gemischen in Abhängigkeit von der Wassersättigung.
AS 2: Bereitstellung hydraulischer Kennwerte von Ton-Sand-Gemischen in Abhängigkeit von der Laugensättigung.
- AP 2: Orientierende Untersuchungen zur Übertragbarkeit der Ergebnisse des AP 1 auf Tongemische mit grobkörnigen Mineralbeimengungen.
- AP 3: Überprüfung der Wechselwirkung eines Ton-Mineral-Gemisches mit dem Wirtsgestein an einem Bohrkern. (Option)

3. Durchgeführte Arbeiten

- Mit den Messungen der einphasigen Gas- und Laugenpermeabilitäten und der Zweiphasenflusseigenschaften an 4 Proben des Sand-Ton-Verhältnisses 50/50 und 2 Proben 75/25 wurde begonnen.
- Um- und Aufrüstung der MTS-Prüfanlage für Messungen der Zweiphasenflusseigenschaften an einem mit einer Sand-Ton-Mischung gefüllten großen Steinsalz-Bohrkern.
- Beginn der hydraulisch-mechanischen Labormodellversuche an einem großen Steinsalz-Prüfkörper, der mit einer Sand-Ton-Gemisch verfüllten Zentralbohrung versehen ist.

4. Ergebnisse

- Die Entsättigungsversuche der mit Q-Lauge (IP 21) gesättigten Proben zur Ermittlung des Kapillardruckverlaufs und der relativen Gaspermeabilitäten an 4 Proben des Sand-Ton-Verhältnisses 90/10 und an 2 Proben 75/25 ergaben Restwassersättigungen um ca. 50 % bei den 90/10er Proben und um ca. 80 % bei den beiden 75/25er Proben. Für die Proben beider Mischungsverhältnisse war während des Versuchsablaufs eine Gewichtszunahme, die einer "Wiederaufsättigung" entsprechen würde, zu beobachten. Dieser Effekt trat im Bereich der Restwassersättigung auf. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass dieses Verhalten bei den Proben mit dem geringeren Tonanteil stärker ausgeprägt ist. Die Verläufe der relativen Gaspermeabilitäten zeigen eine unsystematische Zu- und Abnahme.
- Die Gaspermeabilitäten der 4 Sand-Ton-Proben 50/50 lagen in der Größenordnung von $2,3 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2$ und $5,8 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2$. Die Gaspermeabilitäten der restlichen beiden 75/25er Proben ergaben Werte um $2 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2$. Für die Laugenpermeabilitäten wurden Werte von $1,4 \cdot 10^{-16} \text{ m}^2$ und $1,5 \cdot 10^{-16} \text{ m}^2$ bestimmt. Bei der Aufsättigung der Proben mit dem Sand-Ton-Verhältnisses 50/50 konnte zwar ein Laugenfluss realisiert werden, aber es stellten sich im Berichtszeitraum noch keine stationären Fließbedingungen ein.
- Ergebnisse zu den Untersuchungen an mit einer Sand-Ton-Mischung gefüllten großen, Steinsalzproben liegen noch nicht vor.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung der Zweiphasenfluss-Versuche der mit Q-Lauge (IP 21) gesättigten 4 Proben des Sand-Ton-Mischungsverhältnisses 50/50 und der 2 Proben 75/25.
- Untersuchungen zum Zweiphasenfluss an Kies-Ton-Proben mit Wasser und Q-Lauge.
- Durchführung der hydraulisch-mechanischen Labormodellversuche an großen Prüfkörpern aus Steinsalz und Sand-Ton-Gemisch mit dem Verhältnis 90/10.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0679	
Vorhabensbezeichnung: Erstellung und Nutzung einer Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung methodenabhängiger Informationen zum Mobilisationsverhalten und zum Schadstoffpotential von organisch und anorganisch belasteten Feststoffen			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1999 bis 30.11.2001		Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 30.11.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 935.111,00 DM		Projektleiter: Dr. Mönig	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Durchführung des Vorhabens ist in folgenden Arbeitsschritten konzipiert:

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Weiterführung und Abschluss der Eingabe von Mobilitätsdaten
- Exemplarische Auswertung des AMANDA-Datenpools
- Erstellung des Abschlussberichtes

4. Ergebnisse

- Bereitstellung eines Datenbank-Tools mit validierten, geochemischen Informationen zum Freisetzungsverhalten von Abfallinhaltsstoffen aus ca. 1200 Mobilitätsversuchen (davon ca. 900 ein- bzw. mehrstufige Batchversuche, 180 Säulen- bzw. Lysimeterversuche, 50 Kaskadenversuche und 80 Trogversuche) mit umfassender quantitativen Angaben zu Versuchsparametern
- Komfortable und methodenübergreifende Abfrage- und Auswertemöglichkeiten der Datenbankinhalte

5. Geplante Weiterarbeiten

- Keine (das Vorhaben ist abgeschlossen)
- Datenbank-Pflege, Erweiterung der Datenbasis sowie der Nutzungsmöglichkeiten im Rahmen eines gesonderten Vorhabens

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

J. Mönig, Th. Brasser, A. Engels, M. Hegemann, C. Klinger, M. Veerhoff: Mobilitätsdatenbank AMANDA. Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung methodenabhängiger Informationen zum Mobilisationsverhalten und Schadstoffpotential von organisch und anorganisch belasteten Feststoffen. - GRS-Bericht

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0689
Vorhabensbezeichnung: Gasfreisetzung aus chemisch-toxischen Abfällen in Untertagedeponien		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1999 bis 30.09.2002	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.060.278,00 DM	Projektleiter: Dr. Hagemann	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Im Berichtszeitraum wurden die entwickelten Methoden zur Bestimmung der Gasentwicklung an weiteren Abfallproben eingesetzt. Zusätzlich wurden Untersuchungen der Gasfreisetzung unter anaerob-feuchten Bedingungen durchgeführt. Nachdem sich eine bisher für Langzeitmessungen verwendete Gefäße langfristig als undicht erwiesen hatten, wurden diese Versuche mit den auch bei den Kurzzeitversuchen eingesetzten Messgefäßen erneut begonnen.

4. Ergebnisse

Die Untersuchungen im Berichtszeitraum bestätigen die Ergebnisse der vorherigen Messungen. Allerdings wurden einige Abfälle mit extrem hohen Gasfreisetzungspotential gefunden, die die früher gefundenen hohen Werte noch weit überschreiten: Feste Abfälle aus der Al-Metallurgie ($>30 \text{ m}^3 \text{ H}_2/\text{t}$) MV-Schlacke $>15 \text{ m}^3 \text{ H}_2/\text{t}$). Die Gasentwicklung ist zum Teil recht heftig. Bei einem Abfall (Strahlmittelrückstand) wurden nach Zugabe von Lösung ca. $10 \text{ m}^3 \text{ H}_2$ innerhalb von drei Stunden freigesetzt.

5. Geplante Weiterarbeiten

Abschluss von Serienmessungen an beschafften Abfallproben. Fortsetzung von Langzeitversuchen zur Gasentwicklung unter UTD-nahen Bedingungen. Untersuchung der Korrelation von Abfallzusammensetzung und Gasentwicklung. Abschätzung des Druckaufbaus in idealisierten Einlagerungskammern auf der Grundlage der gefundenen langfristigen Gasentwicklungsraten. An einzelnen Abfall/Lösungspaaren gezielte experimentelle Variation von Versuchsparametern (Temperatur, Feststoff/Lösungs-Verhältnis, Körnung), um deren Einfluss auf die Gasbildungsmenge und -rate zu ermitteln. Versuche zur Abschätzung der mikrobiologischen Aktivität.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Kali-Umwelttechnik GmbH, Am Petersenschacht 7, 99706 Sondershausen		Förderkennzeichen: 02 C 0699
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Entwicklung, Anwendung und Eignung von mineralischen Gelen und Bindemittelsystemen auf Sorelbasis zur Einbettung und Sorption schadstoffhaltiger Abfallstoffe und zur Verbesserung der Barrierewirkung von Versatz		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1999 bis 30.09.2001	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 30.09.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.101.590,00 DM	Projektleiter: Dipl.-Ing. König	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

- AP 3: Labor- und Technikumsuntersuchungen zum Elutionsverhalten von im Gel eingebetteten Stoffen, insbesondere Schwermetallen
- AP 4: Technikumsuntersuchungen zur Verstärkung der Barrierewirkung von eingebrachtem Versatz durch mineralische Gele
- AP 5: Beobachtungen eines komplexen Systems aus natürlichen Salzgesteinen, Gelkörpern mit eingebetteten Stoffen und Fluiden unter den Bedingungen der freien Konvektion bzw. Durchströmung im Modellversuch
- AP 6: Langzeitsicherheit für ein komplexes System aus natürlichem Salzgestein und Gelkörpern mit eingelagerten Stoffen

3. Durchgeführte Arbeiten

Arbeitspaket 1 -6:

Die praktischen Untersuchungen wurden abgeschlossen. Die erforderlichen Analysen für die Auswertung liegen vor und sind Bestandteil des Abschlussberichtes.

4. Ergebnisse

Die konkreten Ergebnisse sind Basis des Abschlussberichtes und bestätigen die Vorhabensziele.

5. Geplante Weiterarbeiten

Fertigstellung des Abschlussberichtes gemäß Zeitplan.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Bericht zum „Projektstatusgespräch zu FuE-Vorhaben auf dem Gebiet der Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen“ in Leipzig, Mai 2001

Zuwendungsempfänger: IIF e.V., Permoserstr. 15, 04318 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 C 0709
Vorhabensbezeichnung: Geochemische Untersuchungen zur Retention von geogenen/anthropogenen Kohlenstoffverbindungen für toxische Schwermetalle		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.1999 bis 31.12.2002	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 750.000,00 DM	Projektleiter: Dr. Kupsch	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Radiomarkierung von Huminsäure mit ^{131}I und Aufnahme der Adsorptionsisotherme an Seesand in Abhängigkeit vom pH
- Synthese und Erprobung des Trennungsganges zur Gewinnung von trägerfreiem ^{203}Pb
- Adsorptionsstudien von ^{203}Pb an der Modellmatrix Seesand im Konzentrationsbereich von $1 \cdot 10^{-12}$ – $5 \cdot 10^{-5}$ mol/l Pb^{2+}
- Bestimmung der Komplexstabilitätskonstanten von Bleihumaten im Ultraspurenbereich ($1 \cdot 10^{-12}$ – $5 \cdot 10^{-5}$ mol/l Pb^{2+}) mittels zyklotronhergestelltem ^{203}Pb in Abhängigkeit vom pH-Wert
- Bestimmung der Elementgehalte der Geomatrices Diabas, Kupferschiefer und Phyllit

4. Ergebnisse

Die Komplexbildungskonstanten für Huminsäuren und Pb^{2+} wurden mittels indirekter Speziation durch Anionenaustausch (Sephadex DEAE A-25) im Pb-Konzentrationsbereich von $1 \cdot 10^{-12}$ bis $5 \cdot 10^{-5}$ mol/l ermittelt. Der dabei verwendete kurzlebige Radiotracer ^{203}Pb ($T_{1/2} = 51,9$ h) wurde mehrfach im Zyklotron der Medizinischen Hochschule Hannover durch die Kernreaktion $^{\text{nat}}\text{Tl}(p, n)^{203}\text{Pb}$ hergestellt (ca. 37 MBq / Target). Nach Auflösen des metallischen Targets in HNO_3 erfolgt die Abtrennung des Thalliums durch eine dreimalige Mitfällung des trägerfreien Bleis an Eisen(III)hydroxid. Das Eisen wird in salzsaurer Lösung an einer Anionenaustauschersäule (DOWEX 1x8, 200-400 mesh) zurückgehalten, während das Blei durch die Säule eluiert. Durch Eindampfen und Abrauchen mit HClO_4 wird das Blei als Perchlorat mit radiochemischen Ausbeuten von 30 – 50 % erhalten. Unter Verwendung des Ladungs-Neutralitäts-Modells ergeben sich $\log \beta_{\text{LC}}$ -Werte von 4,92 (pH 5) und 5,11 (pH 6) für Aldrich-Huminsäure und 5,24 (pH 5) für die synthetische Huminsäure M42. Die Beladungskapazitäten wurden in diesem Konzentrationsbereich zu 0,437 (pH 5, Aldrich-HA), 0,632 (pH 6, Aldrich-HA) und 0,136 (pH 5, M42) für Pb^{2+} ermittelt. Dies steht im guten Einklang zu den Bestimmungen im $\sim 10^{-5}$ molaren Bereich. Eine Zunahme des $\log \beta_{\text{LC}}$ -Wertes mit abnehmender Pb-Konzentration wie bei den ^{64}Cu -Experimenten wurde nicht beobachtet. Die Sorptionsstudien wurden mit Blei(II) im Konzentrationsbereich von $1 \cdot 10^{-12}$ – $5 \cdot 10^{-5}$ mol/l in Abwesenheit von Huminsäure an der Modellmatrix Seesand im Batchexperiment bei pH 5 fortgeführt. Das Adsorptionsverhalten verläuft nach einer Henry-Isotherme. Die Geomatrices Phyllit (Harz), Diabas (Harz) und Mansfelder Kupferschiefer wurden mittels RFA auf ihre elementare Zusammensetzung charakterisiert. Das Adsorptionsverhalten von ^{131}I -markierter Aldrich-Huminsäure an Seesand wurde im Konzentrationsbereich von 0,15 – 50 mg/l Huminsäure bei pH 4, 5 und 6 ermittelt. Die maximal adsorbierbaren Konzentrationen betragen 255,0 mg/kg (pH 4), 31,5 mg/kg (pH 5) und 10,2 mg/kg (pH 6).

5. Geplante Weiterarbeiten

- Fortführung der Sorptionsstudien an den Geomatrices Phyllit, Diabas und Kupferschiefer mit Pb, Cu, Zn und Cd
- Synthese und Aufarbeitung von trägerfreien Radioisotopen im Institut für Kernchemie (Universität Mainz) und am Zentrum für Radiologie (Medizinische Hochschule Hannover), (^{140}La , ^{203}Pb , ^{64}Cu)
- Bestimmung der Sorptionskoeffizienten für toxische Schwermetalle bei Anwesenheit geogener Kohlenstoffverbindungen.
- Charakterisierung der beteiligten reaktiven Kohlenstoffverbindungen mit der Methode der radioaktiven Doppelmarkierung (^{131}I , ^{18}F , ^{64}Cu , ^{203}Pb) nach der Extraktion und Fraktionierung.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

A. Mansel, H. Lippold, H. Kupsch, Indirekte Speziation im ternären System divalente Schwermetalle, Huminsäure und Seesand, GDCh-Jahrestagung, Fachgruppe Nuklearchemie, 23. – 29. September 2001, Würzburg

A. Mansel, N. Trautmann, H. Kupsch, Adsorptions- und Komplexierungsverhalten von divalenten Schwermetallen (Cu, Pb) mit Huminsäure an der Modellgeomatrix Seesand, 18. Seminar Aktivierungsanalyse, 25. – 26. Oktober 2001, Berlin

A. Mansel, H. Lippold, H. Kupsch, Adsorptions- und Komplexierungsverhalten von divalenten Schwermetallen (Cu, Pb) mit Huminsäure an der Modellgeomatrix Seesand, Huminsäure-Workshop des BMBF/BMWi, 15. – 16. November 2001, Karlsruhe

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0710	
Vorhabensbezeichnung: Geochemisches Modell für Zn, Cd und Pb in salinaren Lösungen aus Abfalldeponien und Alt- und Umweltlasten			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien			
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2000 bis 30.06.2003		Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.750.726,00 DM		Projektleiter: Dr. Hagemann	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Ramanspektroskopische Untersuchungen zur Chlorokomplexbildung von Zink und Cadmium in Lösungen der Salze MgCl_2 , NaCl , KCl . (Unterauftrag Dr. Rudolph, Dresden).

Isopiestic Untersuchungen an cadmium- und zinkhaltigen Lösungen (Unterauftrag Dr. Rumjancev, St. Petersburg)

Kritische Kompilation von Daten zur Chemie von Phosphat, Zink und Blei in basischen Lösungen.

Löslichkeitsmessungen in den Systemen $\text{Pb-K-SO}_4\text{-H}_2\text{O}$, $\text{Pb-K-Cl-SO}_4\text{-H}_2\text{O}$, $\text{Pb-Na-Cl-SO}_4\text{-H}_2\text{O}$, $\text{Pb-Zn-SO}_4\text{-H}_2\text{O}$.

UV-Messungen an Lösungen der Systeme $\text{Pb-Na-Cl-SO}_4\text{-H}_2\text{O}$, $\text{Pb-Na-Cl-OH-H}_2\text{O}$

4. Ergebnisse

Der neu entwickelte Rechencode zur modellfreien iterierenden Faktoranalyse von UV- und Ramanspektren erlaubt es überlagerte UV-Messspektren in Einzelspeziespektren aufzutrennen. Hierzu sind keine weiteren Informationen über die Anzahl oder die Zusammensetzung des Spezies wie auch über die Form der Absorptionsbanden notwendig. Mit Hilfe der UV-Spektroskopie ließ sich nachweisen, dass Blei in basischen, chloridhaltigen Lösungen gemischte Chloro-Hydroxokomplexe bildet.

5. Geplante Weiterarbeiten

Fortsetzung ramanspektroskopischer Messungen an Lösungen des Typs $(\text{Zn/Cd})\text{-Li-Cl-H}_2\text{O}$. Löslichkeitsmessungen in Systemen des Typs $\text{Pb, (Na/K) || (Cl/SO}_4\text{), OH-H}_2\text{O}$. Fortsetzung isopiestic Messungen an cadmium- und zinkhaltigen Systemen. Fortsetzung UV-spektroskopischer Untersuchungen an Systemen des Typs $\text{Pb, (Na/K) || Cl, OH-H}_2\text{O}$. Potentiometrische Messungen an zink-, blei- und cadmiumhaltigen Systemen. Untersuchung der Löslichkeit schwerlöslicher basischer Zink-, Cadmium- und Bleiverbindungen. Weiterentwicklung der Rechencodes zur Spektrentrennung, insbesondere zur Auswertung von Ramanspektren.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: TU-Clausthal, Adolph-Roemer-Str. 2 A, 38670 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 C 0720
Vorhabensbezeichnung: Weiterentwicklung eines Prognosemodells zum Barriereintegritäts- und Langzeitsicherheitsnachweis für Untertagedeponien mit Berücksichtigung von Gefügeschädigung und Schädigungsverheilung auf der Grundlage der Continuum-Damage-Theorie		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 30.09.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.034.548,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Lux	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- * Teilaufbau des Modellprüfstandes
- * Literaturstudium zu Stoffmodellen mit Schädigungs- und Verheilungsansätzen.
- * Analytische Arbeiten zur Stoffmodellerweiterung
- * Erarbeitung von Versuchsrandbedingungen für Verheilungsversuche
- * Ertüchtigung bestehender Versuchsanlagen für die Durchführung von Verheilungsversuchen

Wesentliches Merkmal eines Stoffmodells auf Basis der Continuum Damage Mechanik (CDM) ist die Beschreibung der vor einem Materialversagen einsetzenden Gefügeschädigung. Durch die Erfassung der bei Überschreitung der Dauerfestigkeit einsetzenden Gefügeschädigung kann die zeitabhängige Tragfähigkeit bei Beanspruchungen zwischen der Dauerfestigkeit und der Bruchfestigkeit quantifiziert werden. Der bei deviatorischer Entlastung eines geschädigten Materials einsetzende rekursive Prozess der Verheilung ist wesentlicher Forschungsgegenstand des Vorhabens. Ein Schwerpunkt der im Berichtszeitraum durchgeführten Arbeiten war eine Literaturrecherche und Literaturlauswertung bzgl. Stoffmodellen bzw. Stoffmodellansätzen zur mechanischen Charakterisierung der Verheilung. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde ein erster Ansatz für die Implementierung eines Verheilungsterms in das Stoffmodell *Hou/Lux* erarbeitet. Parallel zu den laufenden mathematisch-analytischen Arbeiten zur Programmierung des Verheilungsansatzes in das FEM-Programmsystem MISES wurden wesentliche Versuchsrandbedingungen und Messgrößen für die laborative Ermittlung der Verheilungsparameter aus Triaxialversuchen an Vollprüfkörpern festgelegt. Neben den im Rahmen der Schädigungsmechanik bereits standardisierten Messungen der Volumendilatanz sind für die messtechnische Quantifizierung der Verheilung versuchsbegleitende Ultraschall- und Permeabilitätsmessungen erforderlich. Zur Realisierung derartiger Versuche wurden zwei Prüfanlagen des Instituts entsprechend ertüchtigt. Erste Testversuche der erweiterten Prüfanlagen sowie notwendige Modifikationen der Anlagensteuerung dauern noch an.

Die Validierung des zu entwickelnden Stoffmodellansatzes zur Verheilung soll durch die Nachrechnung von unter definierten geometrischen, kräftemäßigen und materialtechnischen Randbedingungen durchgeführten Versuchen an „Modelltragwerken“ erfolgen. Als Modelltragwerke sind axialgelochte Großbohrkerne vorgesehen. Gegenüber der Nachrechnung von In-situ-Bauwerken bieten sie die Möglichkeit, die Beanspruchungsrandbedingungen genau vorzugeben, so dass mögliche Abweichungen zwischen den Berechnungsergebnissen und den Messergebnissen bei entsprechender Eignung des Stoffmodells weitgehend minimiert werden können (-> Minimierung von Imponderabilien). Mit dem Aufbau der Prüfanlagen wurde begonnen. Erste Testversuche sind für den folgenden Berichtszeitraum geplant.

4. Ergebnisse

- * Stoffmodellansatz „Verheilung“
- * Teilaufbau Modellprüfstand
- * Messtechnische Ertüchtigung Triaxialprüfstände (Ultraschall-/Permeabilitätsmessung)
- * Testversuche an Vollprüfkörpern zur Verheilung

5. Geplante Weiterarbeiten

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

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: BGR, Stilleweg 2, 30631 Hannover		Förderkennzeichen: 02 C 0730
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 1: Gesamtprojektkoordinierung, geochemische Untersuchungen und Monitoring		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Altlasten in Bergschadensgebieten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 28.02.2002	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 206.312,00 DM	Projektleiter: Dr. Knödel	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

AP 8.2 geoelektrische Erkundung der Internstruktur der Concordia-Halde

AP 8.3 Monitoring

AP 10 Zusammenfassende Bewertung des Gefährdungspotentials sowie Ableitung des weiteren Handlungs- und ggf. Forschungsbedarfs

3. Durchgeführte Arbeiten

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

4. Ergebnisse

Die umweltgeochemische Bestandsaufnahme des Stadtgebietes Leopoldshall und seines Umlandes liefert flächendeckende Informationen über das natürliche geochemische Grundangebot sowie den technogen bedingten Element- und Schadstoffeintrag unterschiedlicher Verursacher. Dabei wurden Belastungen auch außerhalb der bekannten Altlasten festgestellt. An der Concordia-Halde kommt es wahrscheinlich auf Grund des hohen Salzgehaltes zum Ausfällen von Cyaniden aus anströmenden Wässern. Milieusondenmessungen in den verfügbaren Grundwassermessstellen erbrachten Temperatur- und Leitfähigkeitsanomalien, die auf Verbindungen der oberflächennahen und tiefen Grundwasserleiter hinweisen.

5. Geplante Weiterarbeiten

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

- Erstellung von Belastungsgradkarten für ausgewählte Parameter (AP 6.1)
- Bewertung des Gefährdungspotentials für ausgewählte organische Schadstoffe und Ableitung des event. Handlungsbedarfes zur Gefahrenabwehr (AP 6.3)
- Fortsetzung der Monitoring-Versuche und Milieusondenmessungen (AP 8.3)
- Einarbeitung der Ergebnisse in den Endbericht (AP 10).

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Es liegen 13 Teilberichte vor.

Zuwendungsempfänger: TU-Clausthal, Adolph-Römer-Straße 2 A, 38670 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 C 0740
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 2: Gebirgsmechanische Analyse des Bergschadensgebietes Staßfurt		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Altlasten in Bergschadensgebieten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 30.09.2001	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 30.09.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 115.000,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Lux	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

Bezug zu anderen Vorhaben:

TV1: Strukturgeologische Analyse des für die Gefahrenabwehr relevanten Gebietes

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

TV4: Ingenieurgeologisch – bergmännische Bergschadensbewertung

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Sensitivitätsanalyse mit Parametervariation
- Abgleich der rechnerisch ermittelten Senkungsprofile mit markscheiderisch gemessenen Senkungsprofilen
- Ableitung eines Funktionsmodells zur Simulation des Senkungsgeschehens im Stadtgebiet
- Erarbeitung von Empfehlungen für das weitere Vorgehen

Zur Ermittlung der Reaktionen der Berechnungsmodelle auf eine Variation der das Spannungs- und Verschiebungsfeld bestimmenden geometrischen und physikalischen Eingabeparameter wurden im Rahmen der Sensitivitätsanalyse variiert

- das Kriechvermögen der die Berechnungsmodelle aufbauenden Salzgesteine,
- die elastischen Kennwerte der modellierten Homogenbereiche,
- die Geometrie der bergbaulichen Grubenbaue sowie möglicher Subrosions Hohlräume und
- die zeitliche Abfolge von Grubenbauauffahrung, Verbrauch und Flutung.

Durch eine Gegenüberstellung des rechnerisch ermittelten Senkungsgeschehens mit dem aus markscheiderischen Messungen bekannten Senkungsgeschehen konnte aufgezeigt werden, dass eine ausschließlich auf visko-elastischen Stoffmodellen basierende Analyse des Tragverhaltens grundsätzlich in der Lage ist, die Größe und die Lokation des messtechnisch belegten Senkungsmaximums im Rahmen einer geeigneten Parameterkombination rechnerisch zu realisieren. Ein Abgleich der zeitlichen Entwicklung des Senkungsgeschehens und der Geometrie der Senkungsmulde ist auf der Grundlage visko-elastischer Analysen jedoch nicht möglich. Deutlich zu erkennen ist aus der Gegenüberstellung der rechnerisch ermittelten Senkungsprofile mit den markscheiderischen Messungen, dass sowohl die tatsächlich steilen Flanken der Senkungsmulde im Rahmen der visko-elastischen Analysen nicht abgebildet werden können als auch das infolge von Bruchprozessen zeitlich instationäre Senkungsgeschehen. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurden Variationsberechnungen mit Simulation der tatsächlich erfolgten Bruchvorgänge durch eine Plastifizierung von Gebirgsbereichen durchgeführt. Im Ergebnis dieser visko-plastischen Berechnungen kann das im Stadtgebiet Staßfurt messtechnisch erfasste Senkungsgeschehen in Raum und Zeit rechnerisch abgebildet werden.

4. Ergebnisse

Entsprechend der Zielstellung des Vorhabens wurde ein Funktionsmodell erarbeitet, mit dem das Senkungsgeschehen in einem repräsentativen Schnitt im Stadtgebiet Staßfurt in seiner zeitlichen und räumlichen Entwicklung abgebildet werden kann. Die dem Funktionsmodell zugrundeliegenden Parameter basieren zur Zeit auf Einschätzungen und sind ohne standortspezifischen Beleg. Für eine Prognose des zukünftigen Senkungsgeschehens von grundlegender Bedeutung ist die Kenntnis der geomechanischen Kennwerte der den Untergrund aufbauenden Gesteine, da angesichts der Vielzahl der das Tragverhalten des Gebirges bestimmenden Einflussgrößen grundsätzlich auch andere, als die im Rahmen des Vorhabens gewählten Parametervariationen denkbar sind.

5. Geplante Weiterarbeiten

Erstellung des Abschlussberichtes.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Kali-Umwelttechnik GmbH, Am Petersenschacht 7, 99706 Sondershausen		Förderkennzeichen: 02 C 0750
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 3: Bergschadensbewertung, Geohydraulik und Sanierungsmaßnahmen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Altlasten in Bergschadensgebieten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 28.02.2002	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 419.215,00 DM	Projektleiter: Dr. Seifert	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

- Gefahrenabwehr für Altlasten in Bergschadensgebieten mit Destabilisierungsvorgängen im Raum der Stadt Staßfurt
- Ingenieurgeologisch – bergmännische Bergschadensbewertung
- Geohydraulische Bewertung der tiefen Grundwasserleiter
- Darstellung der Möglichkeiten für eine Bergschadenssanierung mit neuentwickelten Baustoffen und Technologien
- Prüfung des Einsatzes fernerkundlicher Verfahren für die Beurteilung von Bergschadensentwicklungen im Raum der Stadt Staßfurt (Verbindung mit DLR – Projekt 50EE9911)

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 2 Fernerkundung zur Untersuchung von Subrosionserscheinungen und Destabilisierungsvorgängen
- Aufbereitung des Datenmaterials (hochauflösende Flugzeug- und Satellitendaten)
 - Datenbewertung mittels fernerkundlicher Methoden
- AP 3 Hydrogeologische Analyse der oberflächennahen Strömungsvorgänge und geohydraulische Beurteilung der tiefen Grundwasserleiter
- Aktualisierung des Kenntnisstandes, Datenrecherche
 - Darstellung der Möglichkeiten zur Ableitung von Strömungspotentialen
 - Definition der Parameterbereitstellung für eine geohydraulische Modellierung der tiefen Grundwasserleiter
 - Interpretation der hydrogeologischen und geohydraulischen Befunde hinsichtlich ihrer bergschadensrelevanten Wirkungen
 - Konzipierung weiterführender Untersuchungen (Geophysik, Bohrungen, u.a.)
 - Datenauswertung des Flutungsvorhabens (1973 – 1979) der Gruben an der NO-Flanke des Staßfurter Sattels
- AP 4 Ingenieurgeologisch – bergmännische Bergschadensbewertung
- Vertiefte Auswertung des Deformationsgeschehens an der Tagesoberfläche
 - Bewertung der latenten Bruchgefahr
 - Aktualisierung der Vernässungsprognose

AP 9 Sicherungs- und Sanierungstechnologien

- Untersuchung der technischen Anforderungen für den Einbau salinärer Baustoffe in die Hohlräume des Untergrundes
- Untersuchung des Baustoffverhaltens (Penetrierfähigkeit, Unterschichtungsvermögen, u.a.) im Technikumsmaßstab
- Weiterentwicklung von Mörtelsystemen salinärer Baustoffe
- Konzeption eines Kontroll- und Überwachungssystems zur Überprüfung des Erfolges der Sanierungsmaßnahmen

3. Durchgeführte Arbeiten

- Bearbeitung fernerkundlicher Laserscandaten; Ermittlung großräumiger Senkungsgebiete im Bergschadensraum Neustaßfurt Schacht VI / VII und Bearbeitung von Luftbilddaten
- Aufbereitung von Tagesbruchdaten zur Ableitung von Modellvorstellungen hinsichtlich zur Bewertung der latenten Bruchgefahr im Stadtgebiet Staßfurt
- Durchführung und Auswertung einer Präzisionsdruckmessung zur Entwicklung und zum Test einer Methode zur Bestimmung von Strömungspotentialen im tiefen Grundwasserleiter am Beispiel Grube Neustaßfurt VI /VII
- Untersuchung der Wechselwirkung des tiefen Grundwasserleiters mit Grundwasserleitern in den Deckgebirgsformationen
- Beschreibung der Ausbildung des tiefen Grundwasserleiters und dessen Zugänge

4. Ergebnisse

- Nachweis der Tauglichkeit des Laserscanverfahrens für ein Bergschadensmonitoringsystem

5. Geplante Weiterarbeiten

- Auswertung von Daten der Flutung der Kali- und Steinsalzgruben an der NO-Flanke des Staßfurter Sattels
- Zusammenstellung von Ergebnisberichten

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

- Bericht zum Arbeitspaket „Hydrogeologische Analyse der oberflächennahen Strömungsvorgänge und geohydraulische Beurteilung des tiefen Grundwasserleiters
- Zwischenbericht zum Arbeitspaket „Sicherungs- und Sanierungstechnologien“

Zuwendungsempfänger: Brandenburgische TU Cottbus, Universitätsplatz 3-4, 03013 Cottbus		Förderkennzeichen: 02 C 0760
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 4: Thermodyn. Modellierung, Abdichtsysteme von Altablagerungen, Gesamtbewert. Gefährdungspotential		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Altlasten in Bergschadensgebieten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 28.02.2002	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 324.925,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Voigt	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Arbeitspaket 9:

Für die Erstellung des Maßnahmenkataloges für die Abdichtung von Halden und Deponien in senkungsgefährdeten Gebieten (AP 9.2.3) wurde die erarbeitete Bewertungsmatrix der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Altablagerungen bezüglich ihres Gefährdungspotentials (AP 9.2.2) für die Klassifizierung der Standorte zusätzlich unter den relevanten möglichen Emissionspfaden gewichtet.

Arbeitspaket 7:

Anhand der thermodynamischen Modellierung der Lösungsvorgänge im Salz- und Deckgebirge mit dem Computerprogramm PHRQPITZ, sowie der Analyse der Verbreitung der Wässer mit Untersättigung für bestimmte Mineralphasen konnten Bereiche mit potentiell erhöhtem Subrosions- bzw. Auslaugungspotential, die das konvergent bedingte Senkungsgeschehen forcieren könnten, ermittelt werden.

4. Ergebnisse

Arbeitspaket 9:

Durch die Klassifizierung der Deponiestandorte konnten vier Gruppen von Altablagerungen unterschieden werden, für die erste Maßnahmen empfohlen wurden.

Die vorhandene Datenlage, die im Teilbericht 9.2.2 zusammengefasst wurde, lässt eine detaillierte Erarbeitung eines Maßnahmenkataloges nicht zu und kann daher zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur tendenziellen Charakter haben.

Arbeitspaket 7:

Anhand der durchgeführten Datenanalyse konnten charakteristische hydrochemische Beschaffenheiten und Sättigungszustände der Lösungen für die vier hydrogeologischen Komplexe Grubenbaue/Zechsteinsalinar, Gipshut, Buntsandstein und Känozoikum ermittelt werden. Innerhalb der einzelnen Stockwerke befinden sich die Wässer im Gleichgewicht mit den anstehenden Mineralen, d.h. die Lösungen sind weitestgehend gesättigt und weisen kein Auslaugungs- bzw. Subrosionspotential gegenüber den Mineralphasen auf. Eine Analyse der hydraulischen Situation sowie der Nachweis von salinaren Lösungen im Buntsandstein und von Buntsandsteinwässern im Känozoikum weisen jedoch auf Migrationsprozesse von Lösungen zwischen den Stockwerken hin. Aufgrund erhöhter hydrostatischer Drücke ist ein permanenter Austrag von gesättigten Lösungen aus dem abgesoffenen Grubenbauen im Zechsteinsalinar ins Nebengebirge (Buntsandstein) anzunehmen, der vermutlich durch untersättigte Lösungen aus dem Deckgebirge ausgeglichen wird. Es sind daher fortgesetzte Lösungsprozesse insbesondere in carnallitischen und kinitischen Zonen zu erwarten.

5. Geplante Weiterarbeiten

Im Abschluss des Verbundvorhabens erfolgt eine zusammenfassende Bewertung des Gefährdungspotentials einschließlich der Ausweisung weiteren Handlungs- und Forschungsbedarfs.

Der Abschlußbericht zum Verbundvorhaben soll in einer zusammenfassenden kompakten Form von der BGR in Zusammenarbeit mit der BTU Cottbus erstellt werden.

Es ist vorgesehen die verschiedenen Risikofaktoren miteinander zu verknüpfen und daraus über eine Bewertungsfunktion für das Georisiko einschließlich der anthropogenen Belastungen eine flächenhafte Analyse und Darstellung für das Untersuchungsgebiet durchzuführen.

Ziel dieser Studie ist die Erstellung einer Handlungsempfehlung für die zukünftige Flächennutzung der Stadt Staßfurt.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: IHU Geologie und Analytik Gesellschaft f. Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH, Dr. Kurt-Schumacher-Straße 23, 39576 Stendal		Förderkennzeichen: 02 C 0770
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 5: Struktur- und hydrogeologische Analyse im Bergschadensgebiet Staßfurt - Entwicklung hydraulischer Sicherungs- und Sanierungskonzepte		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Altlasten in Bergschadensgebieten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 28.02.2002	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 489.855,00 DM	Projektleiter: Dr. Lauterbach	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Weiterführung der geologischen und hydrogeologischen Recherchen
- Aktualisierung der Kenntnisstandsanalyse zur Geologie des Staßfurter Sattels
- Weiterführung der Untersuchungen und Berechnungen zur dezentralen Wasserhaltung
- Statistische und genetische Untersuchungen zur Hydrochemie

4. Ergebnisse

- Fertigstellung der aktualisierten Kenntnisstandsanalyse
- Fertigstellung der Datenbanken Hydrometrie und Hydrochemie
- Fertigstellung des Zwischenberichts zur dezentralen Wasserhaltung
- Fertigstellung des Zwischenberichts zur hydrochemischen Untersuchung und Bewertung

5. Geplante Weiterarbeiten

Fortsetzung der Arbeiten lt. Pkt. 2 (interdisziplinäre Auswertung)

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

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Geophysik GGD - Gesellschaft für Geowissenschaftliche Dienste mbH, Bautzner Straße 67, 04332 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 C 0780
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt – Teilvorhaben 6: Geophysikalische Erkundung - Seismik		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Altlasten in Bergschadensgebieten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2000 bis 30.09.2001	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 30.09.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 104.469,00 DM	Projektleiter: Dr. Schuck	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Vor dem Hintergrund einer nachhaltigen sozio-ökologischen Entwicklung sollen im Rahmen dieses interdisziplinären Projektes, Maßnahmen zur nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt entwickelt werden.

Im TV 6 werden auf exemplarisch ausgewählten Profilen hochauflösende reflexionsseismische Messungen zur Erkundung und Kontrolle des geologischen Strukturbaus und lithologischer Parameter als Grundlage für die Analyse hydrogeologischer und gebirgsmechanischer Prozesse durchgeführt. Über die Durchführung der Feldmessungen und ihrer Interpretation hinausgehend, ist für den weiteren Forschungs- und Handlungsbedarf ein Konzept zur flächenhaften seismischen Erkundung der strukturgeologischen Situation im Bereich der Stadt Staßfurt zu entwickeln.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- AP 4 Interpretation, Bericht:
Fertigstellung des Berichtes über die Durchführung der Feldmessungen, die Datenbearbeitung und die geologische Interpretation.
- AP 5 Gemeinsame Interpretation und Modellentwicklung:
Weiterführung der Interpretation und Abstimmung des strukturellen Modells mit dem Geologischen Landesamt Sachsen-Anhalt (Herr Hartmann, Außenstelle Magdeburg).
Gemeinsame Interpretation der Ergebnisse mit den Projektpartnern der IHU Stendal (Herr Dr. Lauterbach) und der BTU Cottbus (Herr Prof. Voigt) zur Erstellung eines geohydraulischen und geomechanischen Modells.
- AP 6 Studie zum weiteren Forschungs- und Handlungsbedarf:
Erstellung eines Konzeptes zur flächenhaften seismischen Erkundung (3D-Survey) der strukturgeologischen Situation im Bereich der Stadt Staßfurt.
Beiträge zur interdisziplinären Studie der BGR und BTU Cottbus zur zusammenfassenden Bewertung des Gefährdungspotentials und zur Ableitung des weiteren Handlungs- und Forschungsbedarfs.

4. Ergebnisse

- Strukturelle Parameter als Grundlage für eine hydrogeologische und gebirgsmechanische Modellierung
- Strukturgeologisches Modell, das konsistent zu den Vorstellungen (der BTU Cottbus) über die geohydraulischen Eigenschaften des tieferen Untergrundes ist, und das das gebirgsmechanische Modell (der TU Clausthal) präzisieren kann
- Parameter für die flächenhaften seismischen Erkundung:
Messpunktanordnung, Geophon- und Anregungspunktabstände, Linienabstände, Überdeckungsgrad, Offset- und Azimutverteilung, Auflösungsvermögen
- Beurteilung der Durchführbarkeit eines 3D Surveys im Stadtgebiet von Staßfurt

5. Geplante Weiterarbeiten

Ende der Projektlaufzeit: Umsetzung der Ergebnisse gemäß Verwertungsplan.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Materialforschungs- und prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar, Amalienstraße 13, 99404 Weimar		Förderkennzeichen: 02 C 0800
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung eines Messsystems zur Feuchtemessung in Bentonit-Abschlussbauwerken in salinärer Umgebung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2000 bis 31.10.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.100.829,00 DM	Projektleiter: Dr. Kupfer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- AP3: Simulation der Feldverteilung an den konzipierten Sensoren im Frequenz- und Zeitbereich mit der Struktursimulations-Software HFSS (High Frequency Structure Simulator). Mittels dieser Feldsimulation ist es erst möglich, die Eindringtiefe des Feldes in stark verlustbehafteten Materialien zu bestimmen und den Einfluss von Feuchte, Druck und Salzgehalt genauer zu erkennen.
- AP4: Erprobung des TDR-Messsystems und passiver Messkabel mit variablen Längen und Querschnitten an verschiedenen Materialien im Laborbetrieb. Zur Anpassung des TDR-

Messsystems an die Messwertverarbeitung und zur komfortablen Auswertung der Messwerte wurden entsprechende Software-Tools entwickelt. Unterschiedliche Versuchsanordnungen und geotechnische Probenaufbereitungen gestatteten eine umfassende Laborerprobung des Messsystems.

- AP5: Messung der Materialeigenschaften von Bentonit (Calcigelgranulat, MX-80-Granulat, binäres Calcigelgemisch, Bentonitformsteine FS40 und FS50) im Hochfrequenzbereich. Die Messanordnung besteht aus einem Netzwerkanalysator mit automatischer Messdatenübertragung zum Rechner und entsprechenden Resonatoren und Sonden zur Ankopplung des Netzwerkanalysators an das zu untersuchende Material.
- AP6: Um Feuchtefronten mit dem TDR-Messsystem detektieren zu können, wurde eine Versuchsanordnung aufgebaut, die eine Verschiebung von Feuchtefronten mittels kapillarer Saugwirkung gestattet. Nach der Inbetriebnahme des Bentonithochdruckversuchsstandes wurde mit der Detektion von Feuchtefronten in Calcigelgranulat-Sand-Gemischen begonnen. In beiden Versuchsanordnungen erfolgte die Ausbreitung der Feuchtefront entlang des Messkabels.
- AP7: Vorbereitung der Technikumsversuche in Freiberg (Realisierung geplanter Investitionen, Probelauf der Versuchsanordnungen).

4. Ergebnisse

- AP3: Die Sensoroptimierung kann mit dem HFSS-Simulationsprogramm viel schneller und genauer als mit dem üblichen Iterationsverfahren (Konstruktion, Bau, Erprobung, konstruktive Änderungen, neue Erprobung usw.) vorgenommen werden.
- AP4: Mit dem TDR-Messsystem sind Feuchte- und Druckänderungen sowie Salzeinwirkungen in Bentonitgemischen qualitativ und quantitativ messbar.
- AP5: Die dielektrischen Materialeigenschaften, die für die exakte HFSS-Simulation notwendig sind, liegen für die Bentonitgemische im Frequenzbereich von 0,1 bis 3 GHz vor.
- AP6: Die Detektion von Feuchtefronten entlang dem Messkabel konnte mit dem TDR-Messsystem nachgewiesen werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

- AP3: Modellbetrachtungen und –grenzen für eine dichteunabhängige Feuchtemessung.
- AP4: Entwicklung und Labortest einer druckunabhängigen Feuchtemessmethode für das TDR-Messsystem.
- AP5: Entwicklung einer dichteunabhängigen Feuchtemessmethode für Messungen im Frequenzbereich.
- AP6: Detektion von Feuchtefronten mit dem TDR-Messsystem im Bentonithochdruckversuchsstand.
- AP7: Beginn der Technikumsversuche.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH (FZK), Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen		Förderkennzeichen: 02 C 0810
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung eines Messsystems zur Feuchtemessung in Bentonit-Abschlussbauwerken in salinärer Umgebung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2000 bis 31.10.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 296.399,00 DM	Projektleiter: Dr. Brandelik	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Die Entwicklung eines TDR-Messsystems (AP4) wurde angefangen. Messsonden von 2,5 und 1,3 m Länge wurden konstruiert, gefertigt und mit einem Kabeltester (TDR-Messgerät) der Firma Tektronix, Typ 1502B, betrieben. Frühere Labormessungen der Bentonitmaterialien im Frequenzbereich (AP 2) haben ergeben, dass für die Messungen in salinärer Umgebung nur eine schmale Bandbreite, zwischen ca. 400 bis 1000 MHz, übrigbleibt. Diese wird nicht ausreichen eine Wasserfrontlokalisation durch Fourier-Transformation zu erreichen. Die fehlenden niederfrequenten Komponenten würden die Rekonstruktion der Feuchteverteilung entlang des Kabels nur sehr grob erlauben. Aus diesen Gründen haben wir auf die Messungen in Frequenzbereich (AP5) als weitere Alternative verzichtet. Das Arbeitspaket, Modellberechnungen zur Entwicklung einer Messmethode (AP3) soll von den sehr grundlegenden Untersuchungen des Kooperationspartners vorbereitet werden. Diese benötigen lange Vorarbeiten. Angesichts des Projektumfangs des FZK, wovon wir schon 2/3 der Mittel und ca. 2/3 der vorgesehenen Aufgaben verbraucht bzw. erledigt haben, haben wir es vorgezogen, auf das Arbeitspaket AP3 nicht zu warten und mit der Detektion von Feuchtefronten (AP6) anzufangen. Zu dieser Entscheidung hat es auch beigetragen, dass wir die Chancen einer Modellierbarkeit der Kalibrierung, welche die dielektrischen Messungen mit den zahlenmäßigen Wassergehalten verbindet, für sehr klein halten. Man muss berücksichtigen,

dass, neben der Dispersion und der Temperaturabhängigkeit des dielektrischen Koeffizienten, auch die Dichteänderung, die durch die Quelldruckinhomogenität sehr variabel wird, eine wesentliche Rolle spielt. Weiterhin, der Ionenaustausch, der die Dispersion auch beeinflusst, und die Auskristallisation des Salzes den Quelldruck und seine Heterogenität beeinflussen. Aus diesen Gründen haben wir auf die Detektion von Feuchtefronten (AP6) konzentriert und diese in einem Technikumversuch mit dem TDR-Messsystem (AP4) untersucht. Der Versuch wurde in dem selben Druckbehälter, von 0,8 m Durchmesser und 1,8 m Höhe, der Bergakademie Freiberg, wie die Messungen des vorangehenden Projekts 02C0193 installiert. Selbstverständlich wird auch die Time-Domain-Messgenauigkeit von der Dispersion belastet. Unsere Erwartung ist aber, dass die Wasserfront doch einen ausreichenden Kontrast in der Feuchtigkeit darstellt, der auch dann mit ausreichender Lokalisation erfasst werden kann. Neben der Frontlokalisierung wurde die Aufgabe, die Feststellung der maximalen Länge des Sensorkabels in salinärer Mischung, gestellt.

4. Ergebnisse

Die Messsensoren, die aus einem Flachbandkabel von der Stärke 3 mm und einem angeschlossenen koaxialen Verbindungskabel (von 5 m Länge), bestehen, haben den ersten Druckaufbau von mehr als 2 bar überstanden. (Der Versuch wurde erst eine Woche vor dieser Berichterstattung gestartet.) Wir können davon ausgehen, dass das Messgerät Tektronix 1502B den Stand der Technik von heute darstellt, weil die Empfindlichkeit und das Auflösungsvermögen vorwiegend von den zu den Druckbetrieb konzipierten Konnektoren und Verbindungskabeln abhängen. Weitere Entwicklung an dem TDR-Gerät ist also nicht angezeigt.

Um die Versuchsdauer und die Aufgaben aneinander optimal abzustimmen, wurde der folgende Aufbau gewählt: Die untere Calcigelschicht ist von 0,25 m Mächtigkeit mit einer Dichte von $1,33 \text{ g/cm}^3$, darüber liegt eine Sandschicht von 0,05 m, die daraufliegende Calcigelschicht ist 0,25 m hoch und hat eine Dichte von $1,59 \text{ g/cm}^3$, eine zweite Sandschicht von 0,05 m Höhe trennt die obenliegende Calcigelschicht von 0,6 m Höhe und $1,61 \text{ g/cm}^3$ Dichte. Drei längere (2,5 m) Sonden wurden in einer symmetrischen U-Form mit sternförmigen und mit Anschlüssen oben sowie eine gerade, kurze Sonde (1,3 m) in die Mitte des Druckbehälters eingebaut. Von unten wurde mit 2 bar eine Salzwasserlösung (50 g NaCl pro 1L wasser) eingepresst.

Die Messdiagrammen zeigen, dass:

- eine Sensorlänge von 2 m noch auswertbares Signal gewährt,
- die Sensoren die Unterscheidung und Lokalisation der Sandschichten ergeben,
- die Sensoren die Wasserfronthöhe (von unten ansteigend) eindeutig wiedergeben,
- das Wasser nach Erreichen der zweiten Schandschicht an 4 Sensorstrecken bis nach oben gelangt ist, (Wasserwegigkeit entlang der Sensoren),
- die Dichtigkeit entlang von 2 Sensorstrecken vollkommen erhalten blieb,
- die Dichtigkeit entlang einer Sensorstrecke Unsicherheit zeigt, (ob das Wasser von oben zu diesem Sensor gelangt ist?)

Aus dieser können wir als Zwischenergebnis entnehmen, dass

- die U-förmige Verlegung günstig ist, (liefert 2 Messpunkte)
- eine Messlänge von ca. 2 m erreichbar ist,
- eine Wasserwegigkeit entlang des Sensors nicht grundsätzlich anzunehmen ist.

5. Geplante Weiterarbeiten

Der Versuch wird weitergeführt. Ein zweiter Versuch soll folgen mit höherer Verdichtung in dem gesamten Behälter und mit höherer Salzkonzentration. Die Ausbreitung der Feuchte soll auch lateral in der Sandschicht erfasst werden. Vorschlag für einen neuen Verschluss. Siehe Patentanmeldung.

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

Die Patentanmeldung Nr: 10149972.8, *Verschlussstopfen und Verfahren zum Verschließen von untertägigen Hohlräumen*, wurde mit positiver Prüfmeldung von dem Patentamt zurückgemeldet.

7. Berichte, Veröffentlichungen

Veröffentlichung der Beiträge von dem Kooperationspartner (MfPA), die anlässlich des Statusseminars am 16.10.01 gesammelt wurden.

Zuwendungsempfänger: TU-BAF, Akademiestr. 6, 09596 Freiberg		Förderkennzeichen: 02 C 0820
Vorhabensbezeichnung: Zeitliche Veränderungen der Ausdehnung und der hydraulischen Eigenschaften von Auflockerungszonen um Hohlräume in Gesteinen mit visko-plastischen Eigenschaften		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2001 bis 31.03.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 753.554,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Häfner	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben hat als Ziele:

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Untersuchungsprogramm entsprechend AP 1 – 6:

- Weitere Tests einer Versuchsausrüstung zur In-situ-Bestimmung des Gasgehaltes von Salzgesteinen,
- Durchführung eines Logs zur Ermittlung des veränderlichen Sylvinitgehaltes einer Testbohrung,
- Bohren von Sylvinitkernen am Versuchsort 2 zur Bestimmung der geomechanischen Eigenschaften,

- Versuche in der aufgelockerten Zone eines Versuchsortes 1 (jünger als 2 Jahre) ohne Gasbelastung:
 - Bestimmung des Fracdruckles,
 - Bestimmung der Permeabilität des Salzgestein in Abhängigkeit vom Abstand zum Stoß
- Versuche in der aufgelockerten Zone eines Versuchsortes 2 (jünger als 2 Jahre) mit Gasbelastung:
 - Versuche im Steinsalz und Sylvenit mit Stickstoff als Prüfmedium
 - Versuche im Sylvenit bei Zufluss von natürlich gesättigten CO₂.

4. Ergebnisse

- Es wurde am Versuchsort 1 der Fracdruck bestimmt um die mögliche Druckbelastung bei nachfolgenden Versuchen zur Bestimmung der Permeabilität zu ermitteln.
- Die ermittelten Permeabilitätswerte zeigen, dass die Permeabilität in Steinsalz in 2m Entfernung vom Stoß und für Sylvenit ca. in 5m Entfernung praktisch Null ist.
- Die Versuche mit Stickstoff als Prüfmedium am Versuchsort 2 bestätigten die Ergebnisse von Versuchsort 1.
- Die Versuchsausrüstung zur In-situ-Bestimmung des Gasgehaltes von Salzgesteinen erlaubt es, den Gasgehalt des Gesteins während des Bohrprozesses zu bestimmen. Die bisher durchgeführten Bohrversuche im Sylvenit zeigten während des Bohrens keine messbaren Gaszuflüsse. Ein Packertest zeigte jedoch über einen Zeitraum von 3 Monaten CO₂-Zuflüsse bis zu einem Druck von 50 bar. Das Auftreten dieses CO₂-Zuflusses korreliert eindeutig mit dem K₂O-Gehalt des Salzgesteins.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Bohren von weiteren Sylvenitkernen zur Bestimmung der geomechanischen Eigenschaften.
- Beginn der Bestimmung geomechanischer Eigenschaften.
- Interpretation der Messungen mit und mit natürlichen CO₂-Zufluss.
- Durchführung weiterer Durchlässigkeitsversuche am Versuchsort 2, sowohl in der Sylvenitlage, als auch darüber und darunter mit Stickstoff als Prüfmedium und mit natürlichen CO₂-Zufluss.
- Logs zur Bestimmung des K₂O-Gehalt des Salzgesteins in Bohrungen.
- Fracuntersuchungen zur Bestimmung der minimalen Hauptnormalspannung um diesen Versuchsort, im Bereich der Versuchsbohrungen zur Durchlässigkeitsbestimmung.
- Festlegung der Versuchsorte älter als 10 Jahre in Abstimmung mit dem Grubenpersonal der K+S GmbH -Werk "Werra",
- Durchführung der gleichen Untersuchungen, wie am ersten Versuchsort an einem Versuchsort, älter als 10 Jahre, mit gleichen geometrischen Bedingungen aber ohne Gasgehalt.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50455 Köln		Förderkennzeichen: 02 C 0830	
Vorhabensbezeichnung: Weiterentwicklung eines selbstverheilenden Salzversatzes als Komponente im Barriersystem Salinar			
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten			
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2000 bis 31.03.2003		Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.448.403,00 DM		Projektleiter: Dipl.-Geol. Kull	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das FuE-Vorhaben wird durch nachfolgende Arbeitsschritte beschrieben:

AP1: Laborarbeiten

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

AP2: Modell

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

AP2: in situ

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Die Randbedingungen der Labor- und In-situ-Versuche wurden den zu erwartenden Flutungsszenarien angepasst. In 2 m langen Stahlrohren wurde die Dichtwirkung von verschiedenen Rezepturen von wasserfreiem $MgSO_4$ als Basismaterial und Sylvin und Halit als Zuschlagstoffe im Zusammenwirken mit $MgCl_2$ - und $NaCl$ -Lauge getestet. Der Reaktionsverlauf während der Flutung wurde thermografisch beobachtet. Aus den entstandenen Dichtungsstopfen wurden für weitergehende mechanische, mineralogische und hydraulische Untersuchungen Probekörper hergestellt. Die Ermittlung des Kristallisationsdruckes erfolgte in Reaktionszellen für Ausgangsporositäten von $\phi=0,45$ und $\phi=0,25$.

Ein Versuchsort auf der 850-m-Sohle in dem Forschungsbergwerk ASSE wurde für die Durchführung der In-situ-Versuche vorbereitet.

4. Ergebnisse

In den Vorversuchen wurden hydraulisch dichte Stopfen gebildet in denen in Abhängigkeit von der Rezeptur und der verwendeten Lösung z. T. bevorzugte Wegsamkeiten (Fließkanäle) aus Blödit festgestellt wurden, die Einfluss auf die erforderliche Integrität und die Länge der Versatzstrecke nehmen („Upscaling-Effekt“). Trotz der Bildung von Fließkanälen innerhalb der Stopfen wurde eine praktisch vollständige Abdichtung erzielt. Durch Änderungen der geochemischen Randbedingungen gelang es die Blöditbildung zu unterbinden und somit die Kanalbildung zu reduzieren. Die thermographischen Aufnahmen erlaubten eine detaillierte zeitliche und örtliche Verfolgung der ablaufenden Reaktionen und der Stopfenbildung.

Die axialen Kristallisationsdrücke, gemessen in Reaktionszellen (100x50mm), lagen für unverdichtete Proben oberhalb von 12 MPa. Mechanische Untersuchungen an Proben aus dem Stopfenbereich ergaben Bruchspannungswerte von 60 MPa und dynamische E-Module zwischen 12 und 20 GPa. Gaspermeabilitätsmessungen müssen unter Beibehaltung der sich durch die Reaktion einstellenden Einspannbedingungen wiederholt werden, um Auflockerungen der Proben und Fehlmessungen zu vermeiden.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Fortführung der Laborversuche mit der Ermittlung mechanischer Kennwerte
- EQ 3/6-Modellierung der Festphasenbildungen
- Beginn der In-situ-Versuche

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: TU-Clausthal, Adolph-Römer-Straße 2 A, 38670 Clausthal-Zellerfeld		Förderkennzeichen: 02 C 0841
Vorhabensbezeichnung: Herkunft und Migration mineralgebundener Gase in marinen Evaporiten		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2001 bis 31.12.2004	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.145.980,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Mengel	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

- Überprüfung der Eindringtiefe von ZnSO₄-versetzter Lauge in Bohrkerne. Die Kernproben (Halitit) wurden von der Firma K+S zur Verfügung gestellt.
- Installation des xyz-Tisches am Laser-Ramanspektrometer. Erstellung einer Methode zum dreidimensionalen „mapping“ von Einschlüssen (Gas, Lösung) in marinen Evaporiten (Halite, Carnallite).
- Beginn der Installation einer Gaschromatographen zur quantitativen Analyse von Gasen in Evaporiten
- Beginn der Installation eines GC/C-irMS zur Analyse der Isotope von C, N, H und O in Gasen in Evaporiten

4. Ergebnisse

- Die Eindringtiefe der Lauge in einen Kern bei der Bohrung beträgt lediglich maximal 100 – 200 µm. Damit ist sicher gestellt, dass die bei der Bohrung verwendeten Laugen den Kern nicht nachhaltig kontaminieren, ihn aber gegen das Eindringen von Grubenluft bei der Bohrung abschirmen. Das Standard-Bohrverfahren der Firma K+S kann also für die Beprobung in diesem Vorhaben genutzt werden.
- Mit dem installierten xyz-Tisch am Laser-Raman ist das dreidimensionale „mapping“ von Einschlüssen in einer Salzprobe möglich. Allerdings erfordert die Aufnahme einer 1 cm³ großen Probe mit einer Auflösung von 5 µm zu viel Analysenzeit. Es müssen gezielt interessante Bereiche der Probe vorab herausgesucht werden oder eine geringere Auflösung gewählt werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

- Abschließende Installation des GC und GC/C-irMS sowie Entwicklung von Methoden zur quantitativen Analyse der Gasgemische sowie der Bestimmung der Isotope.
- Erste Probennahme von Kernen in der flachen Lagerung.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (FhG), Leonrodstraße 54, 80603 München		Förderkennzeichen: 02 C 0851
Vorhabensbezeichnung: Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedeponien - Geosonar- und Ultraschallverfahren		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2001 bis 30.06.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 852.233,36 DM	Projektleiter: Dr. Kühnicke	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Arbeitspunkt 1: Auswahl und Charakterisierung von Referenzmessorten

Arbeitspunkt 2: Optimierung der Sende-Empfangseinrichtung

Arbeitspunkt 3: Messkampagnen in Salzbergwerken

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

Arbeitspunkt 5: Modellierung der Sende- und Empfangsprüfköpfe

Arbeitspunkt 6: Weiterentwicklung der Rekonstruktionsverfahren

Arbeitspunkt 7: Auswertung des Datenmaterials, Datenfusion

Arbeitspunkt 8: Abschlussbericht und Handlungsempfehlungen

3. Durchgeführte Arbeiten

- Arbeitspunkt 1:* Als mögliche Messorte wurden Grubenfelder in den Bergwerken A, B, C und D untersucht. Die Messorte sollen sich durch typische Problemzonen mit Salzlösungsvorkommen auszeichnen. Der komplexe Einsatz der geophysikalischen Methoden soll zu einer fundierteren Beurteilung der ausgewählten Problemzonen führen.
- Arbeitspunkt 2:* Um energiereichere Strahlen mit gut definierten Signalformen und Abstrahlcharakteristiken einsetzen zu können, wurden neue Sendeköpfe entwickelt und gebaut.
- Arbeitspunkt 3-4:* Im Berichtszeitraum keine Aktivitäten.
- Arbeitspunkt 5:* Es wurden Modellrechnungen zur Ankopplung, zur Aufstellung und zur Anregung der Sender und Empfänger durchgeführt.
- Arbeitspunkt 6-8:* Im Berichtszeitraum keine Aktivitäten.

4. Ergebnisse

- Arbeitspunkt 1:* Als am besten geeigneter Referenzmessort wurde der Bereich der Salzlösungszuflüsse 89/90 auf der 470m-Sohle im Werk C der Kali und Salz GmbH ausgewählt.
- Arbeitspunkt 2:* Mit dem neu entwickelten Sendekopf (20kHz) ist eine energiereichere Anregung mit weitgehend beliebig konditionierten Signalformen erreicht worden.
- Arbeitspunkt 5:* Aufgrund der Modellierungsergebnisse wird angestrebt, am neuen Referenzmessort möglichst keine Bohrlochankopplung einzusetzen. Vorzuziehen ist eine Ankopplung an einem beraubten Stoß.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten zur Auswahl der Referenzmessorte werden im Januar 2002 abgeschlossen. Spätesten im März werden erste geophysikalische Messungen an den Referenzmessorten vorgenommen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

H. Kühnicke, F. Schubert, (2001) PTE-Abschlussbericht Vorhaben 02 C „Komplexes Mess- und Auswertinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen - Sonarverfahren“

H. Kühnicke, O. Reutter, F. Schubert (2001) „Ortungsverfahren für die kontinuierliche Emission“, 13. Kolloquium Schallemission in Jena, Berichtsband 78 der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung

H. Kühnicke, O. Reutter, F. Schubert (2001) „Ortungsverfahren für die kontinuierliche Emission“, 13. Kolloquium Schallemission in Jena, Berichtsband 78 der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung

Zuwendungsempfänger: Universität Leipzig, Ritterstraße 26, 04009 Leipzig		Förderkennzeichen: 02 C 0861
Vorhabensbezeichnung: Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedeponien - Geoelektrik, Seismik, Geologie		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2001 bis 30.06.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 975.459,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr. Jacobs	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Ein Schwerpunkt der Arbeiten zu Beginn des Projektes war die Suche nach einem geeigneten Referenzmessobjekt. Dazu wurden gemeinsam mit den Projektpartnern potentielle Lokationen geprüft und Befahrungen in zwei Gruben durchgeführt. In beiden Gruben gibt es Problemzonen mit Salzlösungsvorkommen. In einem Kriterienkatalog wurden die Anforderungen an die Messstrecke bezüglich Geologie, Grubengebäude und technischer Voraussetzungen einschließlich möglicher Störquellen für die geophysikalischen Messungen sowie des logistischen und finanziellen Aufwandes zusammengefasst. In beiden befahrenen Bergwerken sind in der Nähe der zu erkundenden Problemzonen Installationen (die insbesondere die Elektromagnetik- und Georadarmessungen stören) vorhanden. In einem Berg-

werk sind die Verhältnisse diesbezüglich etwas besser als in dem anderen. Da es sich bei ersterem um ein stillgelegtes Bergwerk handelt, müsste der Betreiber allerdings umfangreiche Beräumungsarbeiten durchführen, deren Finanzierung aus dem Projekt nicht möglich ist.

Die Labormessungen an Proben aus Bischofferode, insbesondere die tomographischen Messungen an Bohrkernen mit anschließender Bestimmung des Wassergehaltes nach der Karl-Fischer-Methode, wurden fortgesetzt.

Geoelektrische Modellierungen mit den Finite-Elemente-Programmen ANSYS und FEMLAB wurden begonnen.

4. Ergebnisse

Eine Strecke in einem Bergwerk, in deren Nähe eine Problemzone mit Salzlösungsvorkommen existiert, wurde als geeignetes Messobjekt ausgewählt. Allerdings muss die Finanzierung noch geklärt oder noch ein alternativer Messort gefunden werden.

Die tomographischen elektrischen Messungen an den Kernen aus Bischofferode ergeben Widerstandsverteilungen, die mit den mit dem Karl-Fischer-Verfahren bestimmten Wassergehaltsverteilungen stark korrelieren. Allerdings ist bei den meisten Kernen bereits eine oberflächennahe Durchfeuchtung vorhanden, die nicht mehr den in-situ-Bedingungen entspricht.

5. Geplante Weiterarbeiten

Nach endgültiger Auswahl des Referenzmessobjektes spätestens in 01/2002 wird in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern die Messkampagne vorbereitet und durchgeführt. An der Messlokation sollen Proben für die Bestimmung physikalischer Gesteinsparameter im Labor genommen werden. Im Anschluss an die erste Messkampagne sollen die geoelektrischen Messdaten in räumliche Widerstandsverteilungen invertiert werden. Hierzu sind vorhandene Algorithmen zu erweitern bzw. neu zu entwickeln.

Die Auswertung schließt Finite-Elemente-Modellierungen mit ANSYS und FEMLAB ein, um den Einfluss der Grubengeometrie möglichst genau zu erfassen.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

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

Kulenkampff, J., Just, A., Aschmann, L., Jacobs, F. (2001): Laboratory investigations for the evaluation of in situ geophysical measurements in a salt rock mine.- Proc. Meeting "Petrophysical Properties of Crystalline Rocks", Geological Society, Borehole Research Group, London 10.-11.9.2001.

Kurz, G., Moise, E., Schulz, R., Kulenkampff, J., Aschmann, L. & Jacobs, F. (2001): Joint interpretation of underground geophysical measurements. – Proc. 7th Meeting Environmental and Engineering Geophysics, 80-81; Birmingham (EEGS).

Jacobs, F., Kulenkampff, J., Aschmann, L., Just, A.: Cum grano salis – Gleichstromgeoelektrik im Salinar.- Vortrag zum Kolloquium „Elektromagnetische Tiefenforschung“, 1.-5.10. 2001, Burg Ludwigstein.

Zuwendungsempfänger: Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA), Stilleweg 2, 30631 Hannover		Förderkennzeichen: 02 C 0871
Vorhabensbezeichnung: Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedeponien - Elektromagnetik, Georadar, Quantitative Charakterisierung von Problemzonen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Verbesserung von Instrumentarien für die Sicherheitsbewertung von Endlagern und Untertagedeponien		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2001 bis 30.06.2003	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 660.651,99 DM	Projektleiter: Dr. Schulz	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten

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

4. Ergebnisse

Die in Bischofferode gewonnene Erfahrung mit der weiterentwickelten Messtechnik soll auf andere Standorte und damit andere geologische und geotechnische Situationen übertragen werden, z.B. Sattelstrukturen und Salzstöcken in Norddeutschland. Testmessungen wurden an einer Verdachtszone ausgeführt. Die Georadar-Messungen bestätigten, dass erhöhte Laugenanteile zu starken Dämpfungen führen. Für eine erste umfangreiche Messkampagne wurde nach mehreren Grubeneinfahrten eine Messlokation in einem norddeutschen Salzstock ausgesucht.

Die Modellierung von Störkörpern im Vollraum mit analytischen Lösungsansätzen zur Interpretation von elektromagnetischen Messungen unter untertägigen Bedingungen wurde weiter entwickelt. Diese Lösungen sollen auch für die Validierung von numerischen Programmen eingesetzt werden.

5. Geplante Weiterarbeiten

Die Auswahl eines Mess-Standortes ist erfolgt, die Mess-Strategie wird in Absprache mit den Projektpartnern festgelegt. Die erste umfangreiche Messkampagne wird vorbereitet.

Nach längeren Vorarbeiten wird die Übernahme eines rechenintensiven numerischen Modellierungsprogramms - zunächst zu Testzwecken - realisiert. Dazu dient ein einwöchiger Einführungskurs bei dem Programmautor im Sandia Nat. Lab. (USA).

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

KUHLENKAMPFF, J., ASCHMANN, L., JUST, A., BERGMANN, K., JACOBS, F., SCHUCK, A., LINDNER, U., SCHWANDT, A., KURZ, G., MOISE, E., FLUCHE, B., SCHULZ, R., REUTTER, O., SCHUBERT, F. & KÜHNICKE, H. (2001): Komplexes Mess- und Auswerteinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und UTD im Salinar. - Abschlussbericht; Leipzig (Institut für Geophysik und Geologie).

KURZ, G., ASCHMANN, L., JACOBS, F., KUHLENKAMPFF, J., MOISE, E., SCHUCK, A. & SCHULZ, R. (2002): Auswertekonzept zur geophysikalischen Erkundung von Problemzonen im Salinar. - Zeitschrift für Angewandte Geologie; Hannover (eingereicht).

Zuwendungsempfänger: Bauhaus-Universität Weimar, Geschwister-Scholl-Straße 8, 99421 Weimar		Förderkennzeichen: 02 C 0881
Vorhabensbezeichnung: Experimentelle und numerische Untersuchungen des Langzeitverhaltens von Abschlussbauwerken im Salinar mit Bentonitgemischen als Dichtelement		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2001 bis 31.07.2004	Berichtszeitraum: 01.08.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.363.602,00 DM	Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Schanz	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

Letztendlich sollen damit vorhandene Grundkonzepte der Verschlussbauwerke analysiert und wenn erforderlich modifiziert werden. Das zentrale Anliegen besteht in der physikalisch-chemischen Modellierung und der numerischen Simulation von Deformations-, Permeations- und Migrationprozessen in variabel gesättigten, hochverdichteten Bentoniten. Besonderes Augenmerk in der Modellentwicklung gilt den nichtlinearen Materialeigenschaften, wie der relativen Permeabilität und den elastisch-plastischen Deformationen, sowie den hydro-mechanischen und chemischen Kopplungseffekten, wie der Konsolidierung, dem Quellen und von Lösungserscheinungen.

Eine wesentliche Rolle in der beschriebenen Prozessdynamik spielen die Änderungen in der Sättigung. Zusammenfassend ergeben sich folgende drei Gesamtziele:

- A. Mittels **experimenteller Untersuchungen** des gekoppelten mechanisch-hydraulischen Verhaltens von hochverdichteten Bentonit und der Untersuchung der physikalisch-chemischen Effekte zwischen Bentonit und Lauge unter realitätsnahen Randbedingungen wird das konstitutive Verhalten realistisch beschrieben. Es erfolgt eine Umsetzung dieser experimentellen Ergebnisse in ein Stoffgesetz.
- B. Aufbau eines **numerischen Modells** zur Untersuchung des (Langzeit-) Verhaltens (d.h. den Verformungen, der mechanischen Stabilität, der Grundwasserströmung und des Stofftransport) von Abschlussbauwerken im Salinar mit Bentonit als Dichtelement.
- C. Mittels des numerischen Modells erfolgt die **Analyse vorhandener Konzepte** für Verschlussbauwerke. Falls erforderlich erfolgt die Entwicklung von Vorschlägen zur Modifizierung der bestehenden Konzepte.

Als Endergebnis steht ein verifiziertes und validiertes numerisches Modell zur Untersuchung von Abschlussbauwerken aus hochverdichteten Bentonit im Salinar zur Verfügung.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Arbeitsgruppe Weimar – Bauhaus Universität Weimar / Bauingenieurwesen / Bodenmechanik

Überprüfung der Homogenität der Materialstruktur, Untersuchungen zur Mikrostruktur

- Kapillarspannungs-Sättigungs-Beziehungen; Untersuchung der Durchlässigkeit hochverdichteter, teilgesättigter Bentonite
- Spannungs-Dehnungs-Beziehungen (Steifigkeit, Festigkeit)

- Validierung des numerischen Modells; Numerische Modellierung und Analyse des Versuchverschlussbauwerkes "Sondershausen" und vorhandener allgemeiner Konzepte.

Arbeitsgruppe Tübingen – Zentrum für Angewandte Geowissenschaften / Geohydrologie

- Entwicklung des HMC-Modells, Numerik des HMC-Modells
- Software-Implementierung, Code-Verifizierung, Modell-Validierung, Modell-Anwendung

Arbeitsgruppe Braunschweig – GRS mbH / Fachbereich Endlagersicherheitsforschung

Versuchskörperherstellung, konstante Mikro-Struktur, Lösung, Probenpräparation

- Bestimmung von Diffusionskoeffizienten von Wasser in kompaktiertem Bentonit
- Infiltration von kompaktiertem Bentonit mit einem Druckgradienten
- Infiltration in Druckrichtung eines quaderförmigen Bentonitkörpers mit einem Druckgradienten
- Infiltration senkrecht zur Druckrichtung eines quaderförmigen Bentonitkörpers mit einem Druckgradienten
- Infiltration eines aus mehreren Formsteinen bestehen "Bauwerks" mit einem Druckgradienten

Arbeitsgruppe Freiberg – TU Bergakademie Freiberg / Institut für Bergbau

Das zu entwickelnde numerische Modell soll verifiziert werden, ob es die Ergebnisse des Versuchs in Sondershausen nachvollziehen kann. Dazu ist eine Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe TUBA Freiberg (u.a. Versuchsaufbau, eingebauten Materialien, Messkonzeptes; Versuchsdurchführung) unumgängliche Voraussetzung.

3. Durchgeführte Arbeiten

- CT-Analyse der Bentonitformsteine; Aufbau einer Apparatur zur Herstellung homogener Probenkörper für die Laborversuche (zylindrische Proben)
- Aufbau und Ergänzung der Quelldruckversuchsapparatur (isochoric cell)
- Begleitung Rückbau Versuchsbauwerk Sondershausen
- Formulierung des THM-Modells (Mehrphasen-Mehrkomponentenformulierung), Implementierung von Materialfunktionen für nicht-isotherme Prozesse (Verdampfung, Kondensation)

4. Ergebnisse

- In einer ersten Betrachtungsphase sind die BFS auf Grund der signifikanten Inhomogenität nicht für die Laborversuche geeignet.
- Implementierung des 1D-THM-Modells, erste Testrechnungen an DECOVALEX- und FEBEX-Experiment → erfolgreicher Plausibilitätstest

5. Geplante Weiterarbeiten

- Durchführung von Versuchen in der isochoric cell → Ableitung von Quelldruck in Funktion der Saugspannung, Retentionskurven und teilgesättigter Durchlässigkeit
- Implementierung der Materialfunktion für Lösungsprozesse
- Verifizierung des 1D-Modells mittels Literaturbeispielen

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

keine

2.4 W-Vorhaben

Zuwendungsempfänger: FZ-Jülich, Postfach 19 13, 52425 Jülich		Förderkennzeichen: 02 W 6218
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung digitaler Safeguardstechniken zur Verbesserung der Effektivität und der Kosteneffizienz und Anpassung an das neue Safeguardssystem INFCIRC/540		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung		
Laufzeit des Vorhabens: vom 01.01.1999 bis 31.12.2002	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.497.738,00 DM	Projektleiter: Dr. Stein	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

TEIL I: Vernetzbare, miniaturisierte, fernabfragbare Überwachungstechniken

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

TEIL II: Auswertung von Open Information Sources (Satellitenerkundung)

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

3. Durchgeführte Arbeiten

TEIL I: Vernetzbare, miniaturisierte, fernabfragbare Überwachungstechniken

Die technischen Einzelheiten zum digitalen Vielkanal-Analysator DIUM wurden erarbeitet und zwei Projektsitzungen abgehalten. Ein Prototyp wurde gebaut. Der Abschlussbericht zur Datenfernübertragung von Ahaus nach Luxemburg wurde endgültig bearbeitet.

TEIL II: Auswertung von Open Sources (Satellitenerkundung)

Die Interpretierung der multispektralen Fernerkundungsdaten für die Testgebiete Lop Nor (China) und Semipalatinsk (ehem. SU) wurde abgeschlossen. Es wurde eine Serie von 6 Landsat TM-Aufnahmen über dem Nevada Test Site aus dem Jahr 1991 unter Kostenbeteiligung der BGR Hannover (zwei Aufnahmen) erworben und mit der Interpretierung begonnen.

4. Ergebnisse

TEIL I: Vernetzbare, miniaturisierte, fernabfragbare Überwachungstechniken

Mit IAEO und Euratom wurden die technischen Einzelheiten zum digitalen Vielkanal-Analysator DIUM verabschiedet, der Prototyp zur Kenntnis genommen und das weitere Vorgehen beschlossen. Die Ergebnisse zur Fernabfrage digitaler Bilddaten zwischen Ahaus und Luxemburg sind als FZJ-Bericht Jül-3865 für IAEO, Euratom und andere verfügbar.

TEIL II: Auswertung von Open Sources (Satellitenerkundung)

Eine eindeutige Ortung des Lop Nor Tests von Mai 1995 war anhand des vorliegenden Bildmaterials nicht möglich (Test Site lag z.T. unter Wolken). Die Änderungsdetektion für Semipalatinsk zeigt ein ziemlich eindeutiges Signal ca. 5 km nordwestlich des mit seismischen Messungen festgestellten Teststandortes.

5. Geplante Weiterarbeiten

TEIL I: Vernetzbare, miniaturisierte, fernabfragbare Überwachungstechniken

Umsetzung der für DIUM vereinbarten technischen Spezifikationen zu Gehäusekonzept, Statusanzeige, Redundanzfunktionen und lokaler Datenspeicherung. Ein Datenfernabfragetest zur Klärung anlagenspezifischer Safeguardsfragen ist in einem Kernkraftwerk geplant; die IAEO bereitet eine entsprechende Anforderung vor.

TEIL II: Auswertung von Open Sources (Satellitenerkundung)

In einer Kooperation mit der Universität Zürich-Irchel soll mit Radarinterferometrie das Lop Nor-Gebiet weiter untersucht werden. Für Nevada soll in einer Zeitreihe untersucht werden, inwieweit die Vorbereitungen von Nukleartests erkannt werden können. Mit einem IKONOS-2 Datensatz über Pickering, Kanada, sollen verschiedene Strategien zur objektorientierten Änderungsdetektion untersucht werden.

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

zur Zeit nicht zutreffend

7. Berichte, Veröffentlichungen

Pekkarinen, J.; Meylemans, P.; Kuribayashi, T.; Leslie, R.F.; Neumann, G.; Richter, B.; Rudolf, K.; Schink, F.-J.: Joint Remote Data Transmission Field Trial at Ahaus – Final Results, Jülich, 2001, Bericht-Nr. Jül-3865.

Canty, M.J.; Schlittenhardt, J.: Satellite Data Used to Locate Site of 1998 Indian Nuclear Test. Eos, Transactions, AGU, Vol. 82, No. 3, January 16, 2001, S. 25-29.

Niemeyer, I., Canty, M.J.: Knowledge-Based Analysis of Change Images by Object-Oriented Post-Classification, Remote Sensing of Urban Areas/Fernerkundung in urbanen Räumen, Regensburger Geographische Schriften, Heft 35, 2001, S. 232-240.

Niemeyer, I.: Satelliten und nukleare Kontrolle, Änderungsdetektion und wissensbasierte, objekt-orientierte Klassifikation zur Unterstützung der nuklearen Verifikation, Schriftenreihe des Forschungszentrum Jülich, Reihe Umwelt/Environment, Band 28, Jülich, 2001

Zuwendungsempfänger: FZ-Jülich, Postfach 19 13, 52425 Jülich		Förderkennzeichen: 02 W 6228
Vorhabensbezeichnung: Das "gestärkte Safeguardssystem" und die Nichtverbreitungs-Herausforderungen -Perspektiven und innovative Lösungsansätze-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung der Kernmaterialüberwachung		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.1999 bis 31.3.2002	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 1.248.996,00 DM	Projektleiter: Dr. Stein	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

3. Durchgeführte Arbeiten

Im Berichtszeitraum fanden folgende Aktivitäten statt:

1. eine Sitzung der Projektgruppe Nichtverbreitung in den Räumen der DGAP, Berlin, am 14.12.01 unter Leitung von MdB Jörg van Essen. Themen waren:
 - Regional Security and Arms Control in the Near and Middle East (Vortrag E. Alon/J. Issacharoff, Tel Aviv)
 - In Search for Smart Sanctions: The Case Iraq (M. Brzoska, Bonn).
Anwesend waren etwa 40 Expertinnen und Experten aus Politik, Administration, Wissenschaft und den Medien.

2. Vom 1.7.-6.7.01 fand in Como die Tagung "Innovative and proliferation resistant Nuclear Fuel Cycles" statt, zu der Dr. Stein eingeladen war.
3. Auf der INMM-Tagung in Indian Wells (13.-24.7.01) hielt Herr Stein 2 eingeladene Vorträge: - Integration of Safeguards, - The German Safeguards Support Programme.
4. Am 8.-9.10. fand der von STE und DGAP organisierte Workshop "Internationale Technologiekontrolle" in Berlin statt. STE war mit dem Vortrag "Der Beitrag neuer technologischer Entwicklungen für Verifikationssysteme" (Stein/Fischer) beteiligt.
5. An der Jahreskonferenz der IAEA in Wien (29.10.-2.11.) war Herr Stein mit dem eingeladenen Vortrag "Integration of Safeguards: The technical dimension" beteiligt.

4. Ergebnisse

Die Arbeiten, auch im Zusammenhang mit dem Workshop in Berlin, zeigen, dass sowohl in den "hard sciences" hinsichtlich der zerstörungsfreien und zerstörenden Methoden der Analyse als auch in den "soft sciences" eine Vielzahl neuer Ideen zur Stärkung der Verifikation und Technologiekontrolle gefunden werden können. Bei den soft sciences stehen dabei Informationsanalysen sowie Konzepte regionaler Überwachungsregime im Vordergrund.

Als besonders relevante Bereiche für die Zwecke der Verifikation wurden identifiziert: Mess- und Analyseverfahren, Sensoren, Massenspektroskopie, Teichenanalyse, Akustik, Analytik, Biosensorik, digitale Elektronik in Verbindung mit Satellitentechnik/-sensorik sowie Auswertungs-Tools für Datenbanken identifiziert.

Hinsichtlich der Spezifikation der Anforderungen an diese Technologien und die wissenschaftlichen Disziplinen, die aus der Sicht der Verifikation formuliert werden, sowie bezüglich der Notwendigkeit, transdisziplinäre Zusammenarbeit zu organisieren, um die einzelnen technologischen Innovationen für Verifikationszwecke zusammenzuführen (etwa Nanotechnologie, Sensorik und Analytik), sind noch erhebliche Arbeitsschritte nötig.

5. Geplante Weiterarbeiten

Fortführung um drei Monate zur Fertigstellung des Endberichtes.

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

keine

7. Berichte, Veröffentlichungen

Fischer, W.: Measuring "Specific Transparency" - A sensible concept? Proc. 22nd ESARDA Annual Meeting Dresden, 8.-12-5-2000, in ISPRA, Dokument Nr. EUR 19587, 2001, S. 127-139.

Lauppe, W.-D., Stein, G.: Strengthening of Safeguards, Integrating the New and the Old: Aims and Objectives Proc. 22nd ESARDA Annual Meeting, a.a.O., S. 7-9.

Remagen, H.H. Richter, B.; Stein, G.: The German Support Programme to the IAEA. Proc. INMM 42nd Annual Meeting, Indian Wells, 2001, CD-ROM und BMWi/IAEA Joint Programme, Bericht Nr. 324.

Stein, G.: Perspectives for International Safeguards – What is on the Agenda? The 2nd International Symposium "How to Harmonize Peaceful Uses of Nuclear Energy and Nonproliferation", March 7-8, 2001, Kojimachi-kaikan, Tokyo, p. 53-57.

Stein/Häckel (Hg.), Tagungsband "Internationale Technologiekontrolle", i. V..

2.5 BMWi-Hausvorhaben

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Projektträger des BMBF und BMWi für Wassertechnologie und Entsorgung (PtWT+E)		Förderkennzeichen: KWA 9901
Vorhabensbezeichnung: „Unterstützungsprogramm Granit“		
Zuordnung zum FuE-Programm: Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen: Weiterentwicklung von Endlager- und Untertagedeponiekonzeptionen unter Sicherheitsgesichtspunkten		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.1999 bis 31.12.2002	Berichtszeitraum: 01.07.2001 bis 31.12.2001	
Gesamtkosten des Vorhabens: 4.131.519,00 DM	Projektleiter Dipl.-Ing. W. Bechthold	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit dem Vorhaben werden die Rahmenbedingungen für die Mitarbeit deutscher Wissenschaftler an den internationalen Forschungsprogrammen im schweizerischen Felslabor Grimsel (FLG) und im schwedischen „Hard Rock Laboratory“ (HRL) Äspö gegeben. Diese durch bilaterale Verträge geregelte Mitarbeit dient der weiteren Vertiefung der Kenntnisse über die Mobilität und Ausbreitung von Radionukliden in der Umgebung eines Endlagers in kristallinem Gebirge (Granit) und der Verbesserung der für die Charakterisierung des Endlager-Wirtsgesteins und für die Durchführung von Endlager-Sicherheitsanalysen benötigten Instrumentarien. Zur Erreichung dieser Ziele werden In-situ-Untersuchungen, Laborversuche und Modell-Entwicklungen durchgeführt. Die Arbeiten sind zu einem großen Teil eingebunden in internationale Projekte. Durch die Mitarbeit in internationalen Arbeitsgruppen wird der Erfahrungsaustausch und die Kenntniserweiterung auch auf den an die genannten Ziele angrenzenden Feldern ermöglicht.

Die Arbeiten werden bei BGR, DBE, FZK, FZR, GRS, TU Clausthal und Uni Stuttgart durchgeführt. Sie werden ausführlicher in den Berichten über die jeweiligen Vorhaben in Kapitel 2.1 beschrieben.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Vorhaben können den folgenden Arbeitsfeldern zugeordnet werden:

1. Experimentelle In-situ- und Labor-Untersuchungen zu Strömungs- und Transportprozessen und zum Zweiphasenfluss in den technischen Barrieren und im Gebirge (Vorhaben 02E 9198, 02E 9218, 02E 9390, 02E 9430)
2. Weiterentwicklung und Erprobung von experimentellen Methoden zur Bestimmung der Feuchtheitsausbreitung und zur Beurteilung der geomechanischen Gebirgseigenschaften in der Umgebung untertägiger Hohlräume (Vorhaben 02E 9208, 02E 9249, 02E 9279, 02E 9390)
3. Weiterentwicklung und Erprobung von numerischen Modellen und Programmen für die Simulation von Strömungsvorgängen und die Berechnung der Ausbreitung von Schadstoffen im Gebirge (Vorhaben 02E 9208, 02E 9218, 02E 9370, 02E 9430)
4. Untersuchungen zu Migration, Transport und Rückhaltung von kolloidalen und gelösten Radionuklidspezies in den technischen und natürlichen Barrieren (Vorhaben 02E 9410, 02E 9491, FZK/INE (überwiegend Grundfinanzierung des FZK))

3. Durchgeführte Arbeiten

1. Im FL Grimsel wurden die Messgeräte im Großversuch „GMT“ installiert und Multitracerversuche im großräumigen Tracerversuch „EFP“ durchgeführt. Im HRL Äspö wurde die Installation der Elektrodenarrays im Projekt „Prototype Repository“ fortgesetzt. Für das Zweiphasenfluss-Projekt wurde der Schlussbericht fertiggestellt.
2. Zur Weiterentwicklung der geoelektrischen Untersuchung der Feuchtigkeitsausbreitung im Gestein wurden im FLG und im HRL Äspö die Messungen begonnen. Die Laborversuche zur Überprüfung der in situ gemessenen Werte wurden fortgesetzt. Faseroptische Sensoren (T, p, Feuchte) wurden im GMT-Versuch installiert.
3. Im Projekt „GMT“ wurden mit dem Zweiphasenflussmodul Vorausberechnungen von In-situ-Versuchen durchgeführt. Zur Modellierung der Aufsättigung der Bentonit-Barriere wurden ein konzeptuelles Modell und ein Code erstellt und erste Vergleichsrechnungen vorgenommen. Im Vorhaben zur Weiterentwicklung der Methoden zur Berechnung von Gas-Wasser-Prozessen in geklüfteten Medien wurden numerische Experimente mit dreidimensionalen stochastisch generierten Klufsystemen unternommen.
4. Mit der CHEMLAB-II-Sonde wurden im HRL Äspö Versuche zur Ausbreitung von Aktiniden durchgeführt. Zur Messung der im Grundwasser des HRL vorkommenden Colloide wurde die im INE entwickelte mobile und mit einer Hochdruckzelle versehene LIBD-Sonde eingesetzt. Zur Untersuchung der Rückhaltung von Radionukliden in alterierten Klufbereichen wurden Sorptionsversuche an unterschiedlichen Mineralien durchgeführt. Erste Versuche zur Züchtung und Charakterisierung der für das HRL Äspö typischen Biomasse wurden vorgenommen.

4. Ergebnisse

Siehe Bericht zu den einzelnen Vorhaben in Kapitel 2.1.

5. Geplante Weiterarbeiten

1. Die Arbeiten von BGR und GRS im Projekt „Prototype Repository“ werden fortgesetzt. Im FL Grimsel wird das „EFP“-Projekt abgeschlossen. Im „GMT“-Projekt werden die Gas-Messungen fortgesetzt und die Instrumentierung des Versuchsorts getestet.
2. Im Projekt „Prototype Repository“ werden die Messungen in den fertiggestellten Bereichen des Großversuchs begonnen. Im „GMT“-Versuch werden die Messungen während des Gas-Beaufschlagung des Silos durchgeführt.
3. Zur Modellierung von Gas-Wasser-Prozessen in geklüftetem Gestein werden numerische Simulationen durchgeführt, um den Einfluss unterschiedlicher Parameter auf die Migration der Gasphase zu bestimmen. Für die Berechnung der Aufsättigung des Bentonits durch Dampfdiffusion wird ein Code entwickelt.
4. Im FLG und im HRL Äspö sind weitere Experimente zur Bestimmung der Migration von Kolloiden und gelösten Radionuklidspezies vorgesehen. Die hierfür benötigten geochemischen Transportmodelle werden weiter verbessert. Im Vorhaben zur Untersuchung der Rückhaltung von Radionukliden in alterierten Klufbereichen werden UV-mikroskopische Untersuchungen durchgeführt und die Aufnahmekapazität des Gesteins durch Sorptionsversuche ermittelt. Die Versuche zur Akkumulation von Uran und Curium an Biomasse werden begonnen.

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


keine

7. Berichte, Veröffentlichungen


Siehe Berichte zu den einzelnen Vorhaben in Kapitel 2.1.


3 Verzeichnis der ausführenden Forschungsstellen


- | | | |
|---|--|-----|
| Bauhaus-Universität Weimar, Geschwister-Scholl-Straße 8, 99421 Weimar | | |
| 02 C 0881 | Experimentelle und numerische Untersuchungen des Langzeitverhaltens von Abschlussbauwerken im Salinar mit Bentonitgemischen als Dichtelement | 176 |
| BUTEC Umwelttechnik GmbH, Düsseldorfer Straße 32-34, 65760 Eschborn | | |
| 02 E 9340 | Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen | 64 |
| Brandenburgische TU Cottbus, Postfach, 03013 Cottbus | | |
| 02 C 0760 | Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit Bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 4: Thermodyn. Modellierung, Abdichtsysteme von Altablagerungen, Gesamtbewert. Gefährdungspotential | 154 |
| Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Stilleweg 2, 30631 Hannover | | |
| 02 C 0730 | Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit Bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 1: Gesamtprojektkoordinierung, geochemische Untersuchungen und Monitoring | 148 |
| 02 E 9098 | Entwicklung und Erprobung von zerstörungsfreien seismischen In-situ-Methoden zur Beurteilung der geomechanischen und hydraulischen Gebirgseigenschaften in der Umgebung untertägiger Hohlräume in Endlagerformationen | 16 |
| 02 E 9218 | Deutsch-Schweizerische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung (Felslabor Grimsel Phase V). Teilprojekt I: Effektive Parameter (EFP); Teilprojekt II: Numerical Calculation of Two-Phase Flow | 40 |
| Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE), Eschenstraße 55, 31224 Peine | | |
| 02 E 9249 | Entwicklung und In-situ-Erprobung faseroptischer Überwachungssysteme unter dem Aspekt des Nachweises der Betriebssicherheit in einem Endlager | 44 |
| 02 E 9289 | Versuchsfeldaufwältigung und Rückgewinnung von Materialproben und Messeinrichtungen | 52 |
| 02 E 9501 | Geoelektrische Untersuchung der Entsättigung des Opalinuston im Ventilationsversuch im Mont Terri-Untertagelabor | 94 |
| 02 E 9511 | Gegenüberstellung von Endlagerkonzepten im Salz und Tongestein (GEIST) | 96 |
| 02 E 9521 | Übertragung des Sicherheitsnachweiskonzeptes für ein Endlager im Salz auf andere Wirtsgesteine (ÜBERSICHT) | 98 |
| 02 E 9531 | Untersuchung Thermischer Expansions-Effekte (TEE) in Tonformationen | 100 |

- 02 E 9571 Koordination geowissenschaftlicher Tätigkeiten in alternativen Wirtsgesteinen  10850


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

- 02 E 9108 Untersuchungen zur Radionuklidfreisetzung und zum Korrosionsverhalten von bestrahltem Kernbrennstoff aus Forschungsreaktoren unter Endlagerbedingungen  18

- 02 W 6218 Entwicklung digitaler Safeguardstechniken zur Verbesserung der Effektivität und der Kosteneffizienz und Anpassung an das neue Safeguardssystem INFCIRC/540  180


- 02 W 6228 Das "gestärkte Safeguardssystem" und die Nichtverbreitungsherausforderungen -Perspektiven und innovative Lösungsansätze-  182


Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe


- 02 C 0810 Entwicklung eines Messsystems zur Feuchtemessung in Bentonit-Abschlussbauwerken in salinärer Umgebung  162

- KWA 9901 Unterstützungsprogramm Granit  186


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


- 02 E 9299 Untersuchungen über die Komplexierung und die Migration von Aktiniden und nichtradioaktiven Stoffen mit Huminsäuren unter geogenen Bedingungen – Komplexierung von Huminsäuren mit Aktiniden in der Oxidationsstufe IV Th, U, Np  54

- 02 E 9471 Entwicklung einer mineralspezifischen Sorptions-Datenbank für Oberflächenkomplexierungsmodelle  88


- 02 E 9491 Wechselwirkung von Actiniden mit dominanten Bakterien des Äspö-Grundwasserleiters  92

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


- 02 C 0537 Entwicklung und In-situ-Test akustischer Verfahren zur zerstörungsfreien Beurteilung von Auflockerungszonen im Salinar  114

- 02 C 0851 Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedeponien - Geosonar- und Ultraschallverfahren  170











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

- 02 C 0780 Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit Bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 6: Geophysikalische Erkundung - Seismik  158





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

- 02 C 0618 Erstellung einer Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung geochemischer Informationen zum Verhalten von Abfallinhaltsstoffen im Deckgebirge einer UTD/UTV (Sorptionsdatenbank Chemieabfälle)  124


02 C 0628	Modellrechnungen zur großräumigen dichteabhängigen Grundwasserbewegung	126
02 C 0659	Langzeitstabilität von Tondichtungen in Salzformationen	132
02 C 0669	Hydraulische Kennwerte von tonhaltigen Mineralgemischen zum Verschluss von Untertagedeponien	134
02 C 0679	Erstellung und Nutzung einer Datenbank zur Bestandsaufnahme und Bewertung methodenabhängiger Informationen zum Mobilisationsverhalten und zum Schadstoffpotential von organisch und anorganisch belasteten Feststoffen	136
02 C 0689	Gasfreisetzung aus chemisch-toxischen Abfällen in Untertagedeponien	138
02 C 0710	Geochemisches Modell für Zn, Cd und Pb in salinaren Lösungen aus Abfalldeponien und Alt- und Umweltlasten	144
02 C 0830	Weiterentwicklung eines selbstverheilenden Salzversatzes als Komponente im Barriersystem Salinar	166
02 E 9118	Untersuchungen zur hydraulisch wirksamen Auflockerungszone um Endlagerbereiche im Salinar in Abhängigkeit vom Hohlraumabstand und Spannungszustand	20
02 E 9128	Tertiäre Sedimente als Barriere für die U/Th-Migration im Fernfeld von Endlagern	22
02 E 9138	Entwicklung eines Modells zur Beschreibung des geochemischen Milieus in hochsalinaren Lösungen	24
02 E 9148	Entwicklung eines Programms zur dreidimensionalen Modellierung des Schadstofftransportes	26
02 E 9168	Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Gebirgsspannungsumlagerungen (BARIAN)	30
02 E 9178	Aktualisierung sicherheitsanalytischer Rechenprogramme für Teilsysteme eines Endlagers (ARTE)	32
02 E 9188	Untersuchungen zur Gas- und Wasserfreisetzung und der Wasserverteilung im Erhitzerversuch im OPALINUS-Ton des Mont Terri-Tunnels	34
02 E 9198	Untersuchungen zur Gasausbreitung in den technischen Barrieren Beton und Bentonit sowie im Granit im Felslabors Grimsel (Phase V)	36
02 E 9208	Felslabor Grimsel (Phase V): Effektive Parameter (EFP) –Begleitende geoelektrische Untersuchungen-	38
02 E 9239	Wissenschaftliche Grundlagen zum Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern	42
02 E 9269	Abschließende Auswertung des Projektes „Thermische Simulation der Streckenlagerung / Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von Versatz in Endlagerstrecken im Salinar“	48
02 E 9279	Geoelektrische Untersuchung der Aufsättigung von Bentonitbarrieren im HRL-Äspö-Projekt „Prototype Repository“	50

- 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  72
- 02 E 9400 Untersuchungen zur Gasentwicklung und -freisetzung im Boom Clay in Mol im Projekt: "Integrated in Situ Corrosion Test on Alpha-Active High Level Waste Glass - Phase 2" CORALUS 2  74
- 02 E 9420 Laboruntersuchungen der gekoppelten hydraulisch-mechanischen Eigenschaften von Kernproben des Allovo-Oxfordian Tonsteins am Standort Meuse/Haute Marne im Projekt MODEX-REP  78
- 02 E 9430 Modellierung des Aufsättigungsverhaltens von Bentonit im Endlager im Kristallin, Mitarbeit in der Task Force "EBS" des HRL Äspö  80
- 02 E 9440 Entwicklung einer Methode zur verbesserten Rückhaltung von Iod und Selen im Nahbereich eines Endlagers  82
- 02 E 9450 Quantenmechanische Modellierung der aquatischen und Sorptions-Chemie von Aktinoiden  84
- 02 E 9461 Untersuchung der chemischen und hydrochemischen Wechselwirkungen von Ton/Zement-Systemen; ECOCLAY - Phase II  86
- 02 E 9541 Vorprojekt zur Beteiligung am Forschungsprogramm der ANDRA im URL Bure  102
- 02 E 9551 Anwendung von Transportprogrammen auf die Nuklidmigration in natürlichen Gesteinsformationen mit Feldmessungen  104
- 02 E 9561 Modellentwicklung zur Quellung hochkompakter Bentonite im Kontakt zu Lösungen unterschiedlicher Salinität im Temperaturbereich 25 - 120°  106


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

- 02 C 0639 Prognose der dynamischen Langzeitstabilität von Grubengebäuden im Salinar  128
- 02 C 0649 Untersuchungen zur Langzeitsicherheit von UTD in Salzformationen der flachen Lagerung im Zusammenhang mit dem Verformungs- und Bruchverhalten -Phase III-  130
- 02 E 9158 Untersuchung des Barriereverhaltens von Anhydrit bei großräumigen Spannungsumlagerungen (BARIAN)  28
- 02 E 9259 Untersuchung des Spannungszustandes und des gebirgsmechanischen Verhaltens von Versatz und Wirtsgestein in Abhängigkeit von der Temperatur  46




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

- 02 C 0871 Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedeponien - Elektromagnetik, Georadar, Quantitative Charakterisierung von Problemzonen  174


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

- 02 C 0770 Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit Bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 5: Struktur- und hydrogeol. Analyse im Bergschadensgebiet Staßfurt - Entwicklung hydraulischer Sicherungs- und Sanierungskonzepte  156


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

- 02 C 0709 Geochemische Untersuchungen zur Retention von geogenen/anthropogenen Kohlenstoffverbindungen für toxische Schwermetalle  142
- 02 E 9329 Komplexierung und Migration von Al, Ga, In, Sc, Y, La und Schwermetallen mit Huminsäure  60
- 02 E 9380 Migrations- und Sorptionsuntersuchungen geogener Lösungen in Wirtsgesteinsformationen (Tone, Tongestein, Salzgestein) mittels tomographischer Radiotracerverfahren (PET)  70




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

- 02 E 9309 Untersuchungen über das Komplexierungsverhalten von Huminsäuren und deren Einfluss auf die Migration von radioaktiven und nichtradioaktiven Stoffen  56


Kali und Salz Beteiligungs AG Kassel, Friedrich-Ebert-Str. 160, 34111 Kassel

- 02 C 0516 Schachtverschlüsse für untertägige Deponien in Salzbergwerken -Forschungsvorhaben Schachtverschluss Salzdetfurth Schacht SA II-  112

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

- 02 C 0699 Untersuchungen zur Entwicklung, Anwendung und Eignung von mineralischen Gelen und Bindemittelsystemen auf Sorelbasis zur Einbettung und Sorption schadstoffhaltiger Abfallstoffe und zur Verbesserung der Barrierewirkung von Versatz  140
- 02 C 0750 Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit Bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 3: Bergschadensbewertung, Geohydraulik und Sanierungsmaßnahmen  152
- 02 E 9057 Wirksamkeit der Abdichtung von Versatzmaterialien –Technikums- und In-situ-Versuche am Dreistoffsystem polymineralisches Salzgestein-Versatzstoff-Fluid-  14

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

- 02 C 0800 Entwicklung eines Messsystems zur Feuchtemessung in Bentonit-Abschlussbauwerken in salinärer Umgebung  160

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

- | | | |
|-----------|--|-------|
| 02 C 0578 | Komplexes Mess- und Auswerteinstrumentarium für die untertägige Erkundung von Problemzonen der geologischen Barriere von Endlagern und UTD im Salinar -Einbeziehung elektromagnetischer Verfahren- | 📖 118 |
|-----------|--|-------|

TU Bergakademie Freiberg, Akademiestr. 6, 09596 Freiberg

- | | | |
|-----------|---|-------|
| 02 C 0547 | Entwicklung eines Grundkonzepts für langzeitstabile Streckenverschlussbauwerke im Salinar -Bau und Test eines Versuchsverschlussbauwerkes unter realen Bedingungen- | 📖 116 |
| 02 C 0820 | Zeitliche Veränderungen der Ausdehnung und der hydraulischen Eigenschaften von Auflockerungszonen um Hohlräume in Gesteinen mit visko-plastischen Eigenschaften | 📖 164 |
| 02 E 9319 | Erweiterung der Datenbasis zur thermodynamischen Modellierung der Reaktionen CaSO ₄ -haltiger Minerale und des Glaserits bei Temperaturen bis 200°C | 📖 58 |
| 02 E 9330 | Untersuchung der Durchlässigkeit von kompaktiertem Salzgrus und Salzgestein gegenüber Laugen bei HAW- und DE-typischen Temperaturen | 📖 62 |

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

- | | | |
|-----------|---|-------|
| 02 C 0588 | Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des grubenraumnahen Gebirges in Verbindung mit der Planung von Damm- und Verschlussbauwerken im Salinar. -Teil A: Mechanische Modellbildung und mechanisch-hydraulische Tragwerksanalyse- | 📖 120 |
| 02 C 0598 | Mechanische und hydraulische Eigenschaften von Auflockerungszonen des grubenraumnahen Gebirges in Verbindung mit der Planung von Damm- und Verschlussbauwerken im Salinar. -Teil B: Hydraulische Modellbildung- | 📖 122 |
| 02 C 0720 | Weiterentwicklung eines Prognosemodells zum Barriereintegritäts- und Langzeitsicherheitsnachweis für Untertagedeponien mit Berücksichtigung von Gefügeschädigung und Schädigungsverheilung auf der Grundlage der Continuum-Damage-Theorie | 📖 146 |
| 02 C 0740 | Verbundprojekt: Maßnahmen der nachhaltigen Gefahrenabwehr für Altlasten in Gebieten mit Bergbaubedingten Destabilisierungsvorgängen am Beispiel der Stadt Staßfurt - Teilvorhaben 2: Gebirgsmechanische Analyse des Bergschadensgebietes Staßfurt | 📖 150 |
| 02 C 0841 | Herkunft und Migration mineralgebundener Gase in marinen Evaporiten | 📖 168 |
| 02 E 9410 | Transport und Rückhaltung von Schadstoffen in alterierten Kluffbereichen des HRL Äspö | 📖 76 |

Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80290 München
--

- | | | |
|-----------|--|------|
| 02 E 9360 | Einfluss von Kolloiden auf die Migration von Actiniden | 📖 66 |
|-----------|--|------|

- | | | |
|------------------|--|-------|
| 02 E 9481 | Universität Hannover, Welfengarten 1, 30060 Hannover | |
| | Einsatz von Organo-Tonen als Adsorber für problematische Anionen in geotechnischen Barrieren | 📖 90 |
| 02 C 0861 | Universität Leipzig, Ritterstraße 26, 04009 Leipzig | |
| | Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedeponien - Geoelektrik, Seismik, Geologie | 📖 172 |
| 02 E 9370 | Universität Stuttgart, Keplerstraße 7, 70550 Stuttgart | |
| | Weiterentwicklung von Simulationstechniken für Gas-Wasser-Prozesse in geklüftet-porösen Medien auf der Feldskala | 📖 68 |