

Vorveröffentlichungen
Danksagung
Zusammenfassung
Summary

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	1
1.1	Hintergrund	1
1.2	Konkrete Fragestellung und Vorgehensweise am Standort Heselbach	2
1.3	Regionale Fachliteratur	4
2	STAND DER FORSCHUNG UND GRUNDLAGEN	5
2.1	Natürliche Analoga	5
2.1.1	Definition des Begriffs Natürliche Analoga (NA)	5
2.1.2	Anforderungen an ein Natürliches Analogon	5
2.1.3	Untersuchte Prozesse in NA-Studien	7
2.1.4	Beispiele für NA-Studien	7
2.1.4.1	NA für Migration und Retardation von Radionukliden im Deckgebirge (Fernfeld) eines Endlagers	8
2.2	Geochemie des Urans	9
2.2.1	Mobilisierung von Uran	9
2.2.2	Retardation von Uran	10
2.2.3	Isotopenchemie des Urans und Thoriums	11
3	EINFÜHRUNG IN DAS UNTERSUCHUNGSGBIET	15
3.1	Geographische Lage des Untersuchungsgebietes	15
3.2	Geologie und Hydrogeologie des Untersuchungsgebietes	16
3.2.1	Geologie des Untersuchungsgebietes	16
3.2.2	Zeitlicher Ablauf der geologischen Entwicklung des Deckgebirges	16
3.2.3	Hydrogeologie des Untersuchungsgebietes	18
3.2.4	Stratigraphie des eigentlichen Untersuchungsgebietes	19
3.2.4.1	Keuper	19
3.2.4.2	Tertiär	19
3.2.4.2.1	Die Wackersdorfer Braunkohle	19
3.2.4.3	Quartär	19
3.3	Anthropogene Einflüsse	20
3.3.1	Geschichte des Braunkohle-Tagebaus Wackersdorf	20
3.3.2	Baumaßnahmen 2002-2003	22
3.4	Bohrpunkte und Messnetz	23
3.4.1	Durchführung der Bohrkampagnen 2002 und 2003	23
3.4.2	Lage, Bezeichnung und Ausbau der Bohrpunkte	23
4	EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN	26

4.1	Sedimentcharakterisierung	26
4.1.1	Hydraulische Durchlässigkeiten	26
4.1.2	Abschätzung der effektiven Porenvolumina	30
4.2	Chemische Gesteinsanalytik	31
4.2.1	Röntgenfluoreszenz-Analytik (RFA)	32
4.2.2	Inductive coupled plasma (ICP)-Analytik	34
4.2.3	Kationenaustauschkapazität	41
4.2.4	Kohlenstoffbestimmung	44
4.2.5	Röntgendiffraktometrie (XRD)	45
4.2.5.1	Röntgenmineralogie der Gesamtgesteinsproben	45
4.2.5.2	Röntgenmineralogie der Tonproben	45
4.3	Charakterisierung der vorliegenden Uranphase	47
4.3.1	Autoradiographie	47
4.3.2	Elektronenmikroskopie	48
4.3.3	XANES- und EXAFS-Messungen	49
4.3.4	Chemische Trennung von U(IV) und U(VI)	51
4.3.5	Sequentielle Extraktion	52
4.3.5.1	Verfahren nach Percival	52
4.3.5.2	Optimiertes SE-Verfahren für Heselbacher Sedimentproben	59
	Ergebnisse	60
4.4	Hydrologische und hydrogeologische Untersuchungen	62
4.4.1	Grundwasserdynamik	62
4.4.1.1	Grundwasserdruckspiegel	62
4.4.1.2	Abstandsgeschwindigkeiten	63
4.4.1.3	Tracerversuch	64
4.4.2	Grundwasserchemie	66
4.4.2.1	On-site-Messungen	66
4.4.2.2	Laboranalytik	70
4.4.3	Natürliche Isotope	78
4.4.3.1	Stabile Isotope	78
4.4.3.2	Tritium	81
4.4.3.3	Tritium-Helium-Altersdatierung	85
4.5	Radiometrische Untersuchungen	87
4.5.1	Methodik	87
4.5.1.1	Probenbehandlung	87
4.5.1.2	Messmethodik, Nachweisgrenzen und Fehlerbetrachtung	87
4.5.2	Radiometrische Untersuchungen an Sedimenten	87
4.5.2.1	Aktivitätsverhältnisse in Keuper-Sedimentproben	88
4.5.2.2	Aktivitätsverhältnisse in Sedimentproben des tertiären Rinnenrandes	89
4.5.2.3	Altersdatierung der Urananreicherung	92
4.5.3	Radiometrische Untersuchungen an Grundwasserproben	94
4.6	Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen	96
5	MODELLIERUNG	101
5.1	Szenarientwicklung	101
5.1.1	Qualitatives Genese-Modell	101
5.1.2	Uran-Transport-Szenarien	104
5.2	Geochemische Modellierung	106
5.2.1	Auswahl des Thermodynamischen Datensatzes	107
5.2.2	Ergebnisse	107

5.2.2.1	Anthropogener Einfluss	107
5.2.2.2	Sättigungsindices von Uranmineralen	108
5.2.2.3	Maximal lösliche Urankonzentration im Keupergrundwasser	109
5.3	Strömungs- und Transportmodellierung	111
5.3.1	Grundlagen	111
5.3.1.1	Strömung	111
5.3.1.2	Transport	112
5.3.2	Modellaufbau	114
5.3.3	Strömungs- und Transportparameter	115
5.3.3.1	Strömungsparameter	115
5.3.3.1.1	Materialparameter für das Strömungsmodell	115
5.3.3.1.2	Randbedingungen für das Strömungsmodell	116
5.3.3.2	Transportparameter	116
5.3.3.2.1	Materialparameter für die Transportmodellierung	117
5.3.3.2.2	Randbedingungen für die Transportmodellierung	118
5.3.3.2.3	Sensitivitätsanalyse	118
5.3.4	Ergebnisse und Plausibilitätsbetrachtung der Modellierung	119
5.3.4.1	Strömungsmodellierung	119
5.3.4.2	Transportmodellierung	122
5.3.4.2.1	Sensitivitätsanalyse	128
5.3.5	Zusammenfassung der Modellergebnisse	130
6	BEWERTUNG DER LOKATION HESELBACH IN HINBLICK AUF DIE NUTZUNGSMÖGLICHKEIT ALS NA FÜR URAN-TRANSPORTPROZESSE	132
7	LITERATUR	135
8	ANHANG (CD ROM)	146
	Abkürzungen	
	Abbildungsverzeichnis	
	Tabellenverzeichnis	