

## Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	III
Abstract	IV
Inhaltsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	X
Symbolverzeichnis	XII
Danksagungen	XIV
1 Aufgabenstellung und Zielsetzung	1
2 Fluoreszenzfarbstoffe	1
2.1 Sorptionsverhalten bekannter Fluoreszenzfarbstoffe	2
2.2 Entwicklung neuer Fluoreszenzfarbstoffe auf Basis der Perylentetracarbonsäure -3,4:9,10-bis(dicarboximide)	3
2.2.1 Wasserlösliche Fluoreszenzfarbstoffe	4
2.2.2 Fluoreszierende Partikel	6
2.3 Fluoreszenz-Anregungs- und Fluoreszenz-Emissionsspektren	9
2.4 Methodik zur Fluoreszenzbestimmung	11
2.4.1 Nachweis der wasserlöslichen Fluoreszenzfarbstoffe	12
2.4.2 Nachweis von Fluoreszenzpartikeln	12
2.5 Gezielte pH-Wert Einstellung	13
2.6 Chemische Stabilität	14
2.7 Fluoreszenzquantenausbeute	15
2.8 Diskussion der Ergebnisse von Kapitel 2	16
3 Laborversuche zur Bestimmung von Sorptionsmechanismen	18
3.1 Grundlagen der Grundwasserbewegung und des Stofftransports im Porengrundwasserleiter	18
3.2 Grundlagen der Grundwasserbewegung und des Stofftransports im Kluftgrundwasserleiter	20
3.2.1 Transportmodell für wasserlösliche Fluoreszenzfarbstoffe	21
3.2.2 Transportmodell mobiler Festphasen	22
3.3 Batchversuche	24
3.3.1 Beschreibung des Sorptionsverhaltens von Farbstoff [1a] mit Hilfe der Langmuir-Isotherme	24
3.3.2 Ergebnisse der Batchversuche	25
3.4 Bestimmung der Sorptionsmechanismen mit Säulenversuchen	26
3.4.1 Aufbau der Säulanlage	26
3.4.2 Materialcharakterisierung	27
3.4.3 Sequentielle Extraktion zur Unterscheidung von Eisenhydroxiden und Eisenhydroxiden, -Oxiden	29
3.4.4 Multitracerexperimente mit N,N'-Bis(phenyl-3,5-disulfonsäure)-3,4:9,10-perylenbisdicarboximid-tetra-Natriumsalz [1a]	35
3.4.5 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse aus den Säulenversuchen mit Tracer [1a]	37

3.4.6	Multitracerexperimente mit N,N'-Di-(phenyl-2,5-disulfonsäure)- perylen-3,4:9,10 bisdicarboximid [1b].....	38
3.4.7	Tertiärer Kies/Sand .....	43
3.4.8	Sorptionsmechanismen für den verwendeten Perylenfarbstoff [1b] .....	44
3.5	Theoretische Grundlagen von Diffusionsversuchen .....	45
3.6	Auswertung der Diffusionszellenversuche.....	48
3.7	Interpretation der Ergebnisse .....	49
4	Feldstudien im Versuchsstollen „Lindau“ und „Felslabor Grimsel“ .....	50
4.1	Durchführung von Tracerversuchen.....	50
4.1.1	Fließfeldgeometrie und verwendetes Modellkonzept im Versuchsstollen „Lindau“ .....	51
4.1.2	Fließfeldgeometrie und verwendetes Modellkonzept für die Tracerversuche im „Felslabor Grimsel“ (FLG).....	53
VERSUCHSSTOLLEN „LINDAU“ .....		54
4.2	Zielsetzung .....	54
4.3	Lage des Untersuchungsgebietes .....	55
4.4	Geologie .....	55
4.5	Hydraulische und hydrogeologische Charakterisierung des Erzganges „Hermann“ .....	57
4.5.1	Bestimmung der chemischen Inhaltsstoffe und physikalisch-chemischen Parameter .....	57
4.5.2	Spezifische elektrische Leitfähigkeit.....	58
4.5.3	pH-Wert Messung .....	58
4.6	Auswahl der Versuchsstrecken .....	59
4.7	Versuchsdurchführung .....	60
4.8	Monopol-Experiment I.....	61
4.9	Ergebnis und Interpretation von Monopolexperiment I .....	61
4.10	Monopol-Experiment II.....	63
4.11	Ergebnis und Interpretation von Monopol-Experiment II.....	63
4.12	Monopol-Experiment III .....	64
4.13	Ergebnis und Interpretation von Monopol-Experiment III .....	65
4.14	Monopol-Experiment IV und V .....	66
4.15	Ergebnis und Interpretation von Monopol-Experiment IV und V .....	66
4.16	Abschließende Beurteilung der Feldveruche im Versuchsstollen „Lindau“ im Kontext früherer Untersuchungen .....	70
VERSUCHSSTOLLEN „FELSLABOR GRIMSEL“ .....		71
4.17	Zielsetzung .....	71
4.18	Geographische Lage.....	71
4.19	Geologie .....	72
4.20	Hydraulische und hydrogeologische Charakterisierung der Scherzonen.....	73
4.21	Auswahl der Versuchsstrecken .....	74
4.22	Versuchsaufbau .....	74
4.23	Versuchsdurchführung .....	77
4.24	Dipol-Versuch I.....	79
4.24.1	Step-Input Funktion .....	80

4.24.2	Entwicklung des hydrostatischen Drucks.....	80
4.24.3	Injektion- und Extraktionsraten .....	81
4.24.4	Experimentelle Ergebnisse von Dipol-Versuch 1 .....	82
4.25	Dipol-Versuch 2.....	83
4.25.1	Step-Input Funktion .....	83
4.25.2	Druckverhältnisse in den Bohrungen .....	83
4.25.3	Injektion- und Extraktionsraten .....	84
4.25.4	Experimentelle Ergebnisse von Dipol-Versuch 2.....	85
4.26	Numerischen Modellierung .....	86
4.26.1	Räumliche Diskretisierung .....	86
4.26.2	Verwendete Materialparameter für die numerische Modellierung .....	87
4.26.3	Best-Fit Anpassung der experimentell gewonnenen Tracerdurchgangskurve aus Dipol- Versuch 1 .....	88
4.26.4	Best-Fit Anpassung der experimentell gewonnenen Tracerdurchgangskurve aus Dipol- Versuch 2.....	91
4.27	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse im Felslabor Grimsel (FLG).....	93
5	Toxizität.....	94
6	Zusammenfassende Beurteilung .....	95
7	Literaturverzeichnis.....	96