

## Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG .....	-1-
2 STAND DER FORSCHUNG .....	-3-
3 GEOLOGIE DER BEARBEITETEN LAGERSTÄTTEN .....	-4-
3.1 Nordwestdeutschland .....	-4-
3.1.1 Ostholstein-Trog .....	-6-
3.1.2 Broistedt-Gifhormer Trog .....	-6-
3.1.3 Niedersächsisches Becken .....	-10-
3.2 Oberrheingraben .....	-12-
4 ANALYTISCHE METHODEN .....	-16-
4.1 Probennahme und Messungen vor Ort .....	-16-
4.2 Chemische Analytik .....	-17-
5 HYDROGEOCHEMISCHE ERGEBNISSE .....	-19-
5.1 Hydrochemische Charakterisierung der Lagerstättenwässer .....	-19-
5.2 Statistik .....	-26-
5.3 Ionenverhältnisse .....	-30-
5.4 Isotopenuntersuchungen .....	-42-
5.5 Geothermometer .....	-46-
5.6 Diagenetische Prozesse und Wasser-Gestein-Wechselwirkungen .....	-50-
5.7 Diskussion der hydrogeochemischen Ergebnisse .....	-55-
5.7.1 Einfluß von Injektionsmaßnahmen .....	-55-
5.7.2 Genetische Entwicklung der Lagerstättenwässer .....	-57-
6 GEOCHEMISCHE MODELLIERUNG .....	-62-
6.1 Grundlagen der thermodynamischen Computermodelle .....	-62-
6.1.1 Ionen-Assoziations-Modell .....	-64-
6.1.2 Ionen-Interaktions-Modell .....	-66-
6.2 Vergleich der eingesetzten Computermodelle .....	-67-
6.2.1 Berechnungen von Minerallöslichkeiten .....	-68-
6.2.2 Berechnung der Sättigungszustände von Ölfeldwässern gegenüber potentiell scalebildenden Mineralen .....	-82-
6.3 Modellierung möglicher Reaktionspfade im Verlaufe der Förderung und der Injektion von Ölfeldwässern .....	-85-
6.4 Modellierung von Wasser-Gestein-Wechselwirkungen .....	-87-
6.4.1 Speziesverteilung in den Erdölwässern .....	-87-
6.4.2 Reaktionen der Mineralphasen mit den Porenfluiden .....	-96-
6.4.3 Modellierung der Genese der Lagerstättenwässer mit dem Programm NETPATH .....	-101-
6.5 Diskussion der thermodynamischen Berechnungen .....	-105-
7 EXPERTENSYSTEME .....	-108-
7.1 Expertensysteme in den Geowissenschaften .....	-109-
7.2 Objektorientiertes Programmieren in LISP .....	-109-
7.3 Die Babylon - Entwicklungsumgebung für Expertensysteme .....	-112-
7.3.1 Wissensstrukturen und Wissensrepräsentation .....	-112-
7.3.2 Wissensinterpretation .....	-116-
7.4 XPS FROCKI - Ein Expertensystem zur Prognose von Fluid-Rock-Interactions im Injektions- und Förderbetrieb .....	-121-
7.4.1 Einführung .....	-121-
7.4.2 Fluid - Gestein - Wechselwirkungen .....	-121-
7.4.2.1 Hydromechanische Wechselwirkungen .....	-121-
7.4.2.2 Hydrogeochemische Wechselwirkungen .....	-123-
7.4.2.2.1 Auswirkungen im Injektionsbetrieb .....	-123-
7.4.2.2.2 Auswirkungen im Förderbetrieb .....	-126-
7.4.3 Programmstrukturierung .....	-130-
7.4.3.1 Struktureller Aufbau des XPS FROCKI .....	-130-
7.4.3.2 Strukturelle Einbindung des geochemischen Programmes PHREEQE .....	-132-
7.4.3.2.1 PHREEQE - Berechnungen für den Injektionsfall .....	-134-
7.4.3.2.2 PHREEQE - Berechnungen für den Förderfall .....	-136-

7.4.4 Wissensrepräsentation im XPS FROCKI .....	-138-
7.4.4.1 Frame-Architektur und Programmierung des Regelpaketes "Gestein" .....	-138-
7.4.4.2 Programmierung der Frame - Architektur und des Regelpaketes "Fluide" .....	-139-
7.4.4.3 Regeln zur Beschreibung von Wechselwirkungsreaktionen zwischen Fluid und Gestein .....	-144-
7.4.5 Ablauf einer FROCKI - Konsultation .....	-147-
7.5 Diskussion der XPS - Entwicklung und Ausblick .....	-150-
8 LITERATUR .....	-151-
ANHANG .....	- 167 -

### Verzeichnis der Anlagen

Analysenergebnisse Erdölfeld Plön-Ost .....	Anlage 1
Analysenergebnisse Erdölfeld Leiferde .....	Anlage 2
Analysenergebnisse Erdölfeld Eldingen .....	Anlage 3
Analysenergebnisse Erdölfeld Hankensbüttel .....	Anlage 4
Analysenergebnisse Erdölfeld Vorhop-Knesebeck .....	Anlage 5
Analysenergebnisse Erdölfeld Suderbruch .....	Anlage 6
Analysenergebnisse Erdölfeld Wehrbleck .....	Anlage 7
Analysenergebnisse Erdölfeld Landau .....	Anlage 8
Analysenergebnisse Erdölfelder Stockstadt, Eich und Königsgarten .....	Anlage 9
Dendrogramm der Clusteranalyse .....	Anlage 10
Korrelationsmatrix Erdölfeld Plön-Ost .....	Anlage 11
Korrelationsmatrix Erdölfeld Eldingen .....	Anlage 12
Korrelationsmatrix Erdölfeld Vorhop-Knesebeck .....	Anlage 13
Korrelationsmatrix Erdölfeld Suderbruch .....	Anlage 14
Korrelationsmatrix Erdölfeld Eich .....	Anlage 15
Ionenäquivalentverhältnisse Erdölfelder Eldingen und Plön-Ost .....	Anlage 16
Ionenäquivalentverhältnisse Erdölfelder Leiferde und Hankensbüttel .....	Anlage 17
Ionenäquivalentverhältnisse Erdölfeld Vorhop-Knesebeck .....	Anlage 18
Ionenäquivalentverhältnisse Erdölfelder Suderbruch und Wehrbleck .....	Anlage 19
Ionenäquivalentverhältnisse Erdölfelder Landau, Stockstadt, Eich und Königsgarten .....	Anlage 20
Evaporationsstadien .....	Anlage 21
Ionenäquivalentverhältnisse der Evaporationsstadien .....	Anlage 22
Ergebnisse der Isotopengehaltsbestimmungen .....	Anlage 23
Speziesverteilung (PHREEQE-Output) Plön 13 .....	Anlage 24
Speziesverteilung (PHREEQE-Output) Leiferde 17 .....	Anlage 25
Speziesverteilung (PHREEQE-Output) Eldingen 10 .....	Anlage 26
Speziesverteilung (PHREEQE-Output) Hankensbüttel 2 .....	Anlage 27
Speziesverteilung (PHREEQE-Output) Vorhop-Knesebeck 10 .....	Anlage 28
Speziesverteilung (PHREEQE-Output) Suderbruch 1 .....	Anlage 29
Speziesverteilung (PHREEQE-Output) Wehrbleck 19 .....	Anlage 30
Speziesverteilung (PHREEQE-Output) Landau 255 .....	Anlage 31
Speziesverteilung (PHREEQE-Output) Stockstadt 35 .....	Anlage 32
Speziesverteilung (PHREEQE-Output) Königsgarten 2 .....	Anlage 33
Speziesverteilung (PHREEQE-Output) Eich 23 .....	Anlage 34