



Inhaltsübersicht

1	Einführung	1
1.1	Die Salzkaverne als ein untertägiger Speicherraum für gasförmige Energieträger	2
1.2	Entwicklung des Salzkavernenbaus in Schichtsalz mit hohem Verunreinigungsanteil in China	3
1.3	Zielsetzung und Fragestellung der Arbeit	5
2	Stand der Wissenschaft zum mechanischen Verhalten von Steinsalz	7
2.1	Langzeitverhalten (Kriechen)	8
2.2	Kurzzeitverhalten (Festigkeit)	11
2.3	Schädigung und Dilatanz	13
2.3.1	Definition der Schädigung	13
2.3.2	Merkmale zur Quantifizierung der Schädigung und Dilatanz	15
2.3.3	Versuchstechnik zur Erfassung der Schädigung und Dilatanz	17
2.3.3.1	Minimalwert der Volumenverzerrung	17
2.3.3.2	Wendepunkt der Ultraschallwellengeschwindigkeit	18
2.3.3.3	Erhöhung der Permeabilität	20
2.3.3.4	Zunahme der akustischen Emissionen	20
2.4	Verheilungsvermögen	21
2.5	Hydraulische Eigenschaften	22
2.6	Stoffmodelle für Steinsalz	23
2.7	Einfluss von Verunreinigungen	27
2.7.1	Intrakristalline Verunreinigungen	27
2.7.2	Interkristalline Verunreinigungen	29
2.7.3	Zwischenschicht der Salzlagerstätte	30
3	Laboruntersuchungen an verunreinigten Steinsalzprüfkörpern aus Jintan, China	32
3.1	Probenvorbereitung	33
3.2	Stoffmodell <i>Lux/Wolters</i> für Steinsalz	34
3.3	Untersuchung des viskosen Verhaltens von Steinsalz aus Jintan	41
3.3.1	Versuchsaufbau und Versuchstechnik	41
3.3.2	Datenauswertung und Versuchsergebnisse	43
3.3.3	Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Werten	48
3.4	Untersuchung des kurzzeitigen Verhaltens von Steinsalz aus Jintan	51
3.4.1	Prüfstände und Versuchstechnik für triaxiale Kurzzeitversuche	51
3.4.2	Versuchsaufbau und Versuchsablauf	53



3.4.3	Datenauswertung	56
3.4.4	Versuchsergebnisse	58
3.4.4.1	TC Versuche.....	58
3.4.4.2	TE Versuche mit konstantem Manteldruck und reduziertem Axialdruck.....	61
3.4.4.3	TE Versuche mit steigendem Manteldruck und konstantem Axialdruck.....	70
3.4.5	Ermittlung der Festigkeitsparameter aus den Kurzzeitversuchen	75
3.5	Untersuchung des Verheilungsverhaltens von Steinsalz aus Jintan	79
3.5.1	Versuchsablauf und Datenauswertung.....	79
3.5.2	Ermittlung der Stoffparameter für Schädigungsrückbildung	81
3.6	Permeabilitätsuntersuchung	84
3.6.1	Permeabilität in Axialrichtung der zylindrischen Probe	85
3.6.2	Permeabilität in Radialrichtung der zylindrischen Probe	88
3.6.2.1	Probenvorbereitung	88
3.6.2.2	Darstellung des Prüfstandes und Diskussion der Messgenauigkeit.....	90
3.6.2.3	Versuchsergebnisse.....	93
4	Einfluss der Verunreinigung auf das kurzzeitige Verhalten des Steinsalzes aus drei weiteren Lokationen in China	104
4.1	Versuchs- und Auswertungsmethode	106
4.1.1	Versuchstechnik und Versuchsaufbau	106
4.1.2	Datenauswertungsmethode.....	107
4.1.2.1	Einiaxiale Kompressionsversuche (UC Versuche).....	107
4.1.2.2	Triaxiale Kompressionsversuche (TC Versuche).....	111
4.2	Ermittlung des Verunreinigungsanteils durch Auflösung von Steinsalzprüfkörpern.....	113
4.3	Zusammensetzung der unlöslichen Anteile	115
4.4	Zusammenfassung und Diskussion der Versuchsergebnisse	116
4.4.1	Beziehung zwischen Dichte und Anteil der unlöslichen Bestandteile..	119
4.4.2	Einfluss des unlöslichen Anteils auf das kurzzeitiges Verhalten.....	120
4.4.2.1	Einwirkung der unlöslichen Bestandteile auf die Verformbarkeit der „Steinsalz“-Prüfkörper	121
4.4.2.2	Modifikation des Festigkeitsteilmodells unter Berücksichtigung des Einflusses der Verunreinigung	123
5	Zusammenfassung und Ausblick	130
	Literatur	135