

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Zusammenfassung	IV
Abstract	V
Symbolverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis.....	XI
Abbildungsverzeichnis	XIII
1 Einleitung.....	1
2 Grundlagen	4
2.1 Power-to-Methan als großtechnischer Energiespeicher	4
2.2 Thermo-katalytische Methanisierung	7
2.2.1 Thermodynamisches Gleichgewicht.....	8
2.2.2 Reaktionsmechanismen und -kinetik.....	13
2.2.3 Reaktorkonzepte und Prozessketten.....	17
2.2.4 Wärmekontrolle im dynamischen Betrieb	27
2.3 Offenzellige Schaumkeramiken als Katalysatorträger	29
2.3.1 Morphologie und geometrische Charakterisierung	30
2.3.2 Druckverlust	35
2.3.3 Wärmetransport.....	39
2.3.4 Stofftransport.....	45
2.4 Anwendungspotential und Ableitungen für das Katalysatordesign	50
2.5 Katalysatorentwicklung	51
2.5.1 Einflussgrößen bei der Katalysatorpräparation	52
2.5.2 Katalysatordeaktivierung	54
2.5.3 Metall-Träger Interaktionen im System Ni-TiO ₂	56
3 Methoden	59
3.1 Herstellung von Schaumkeramik-Katalysatoren	59
3.1.1 Keramische Rohkörper.....	59
3.1.2 Aktivschicht	60

3.2	Physikalisch-chemische Eigenschaften des Katalysators.....	62
3.2.1	Lichtmikroskopie.....	62
3.2.2	Helium Pyknometrie und Quecksilberdruckintrusion	63
3.2.3	Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA).....	63
3.2.4	Rasterelektronenmikroskopie (REM) und Energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX)	64
3.2.5	Physisorption.....	64
3.2.6	Optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP_OES)	65
3.2.7	Röntgenpulverdiffraktometrie (XRD)	65
3.2.8	Thermogravimetrie (TG).....	66
3.2.9	Temperaturprogrammierte Reduktion und Oxidation	67
3.2.10	Chemisorption	68
3.3	Versuchsanlagen und -auswertung für die CO ₂ -Methanisierung	70
3.3.1	Aufbau der Versuchsanlagen	70
3.3.2	Durchführung der Versuche	74
3.3.3	Auswertung der Versuche	79
4	Physikalisch – chemische Eigenschaften der Katalysatoren	81
4.1	Morphologische Charakterisierung der Rohkörper	81
4.2	Vorstudie - Katalysatorentwicklung	84
4.2.1	Thermogravimetrie	85
4.2.2	Strukturelle Eigenschaften	86
4.2.3	Katalytische Eigenschaften und Langzeitstabilität.....	96
5	Untersuchung von NiO/NiTiO₃ Mischoxid-Katalysatoren	109
5.1.1	Reduzierbarkeit	111
5.1.2	Katalysatorschüttdichte und Schichtdicke	115
5.1.3	Aktivitätsbestimmung für die CO ₂ -Methanisierung	116
6	Temperaturkontrolle bei der CO₂-Methanisierung	127
6.1	Theoretische Betrachtung.....	127
6.2	Wärmetransport und Methanproduktion.....	137
6.3	Untersuchungen im dynamischen Betrieb	143
7	Fazit und Ausblick.....	147

8	Literatur.....	151
9	Anhang.....	169
9.1	Berechnung der Diffusionskoeffizienten.....	169
9.2	Untersuchung des Trocknungseinflusses auf den Massenauftrag.....	169
9.3	Berechnung der TPR-Bedingungen.....	170
9.4	Bilder der Methanisierungsanlage	171
9.5	GC-MS Screening des Produktgases und des Kondensates.....	172
9.6	Reduzierbarkeit der keramischen Rohkörper.....	172
9.7	Zusätzliche Bilder der verwendeten keramischen Rohkörper.....	173
9.8	Vergleich von berechneten zu gemessenen geometrischen Daten	174
9.9	Ergänzende mikroskopische Aufnahmen der katalytischen Strukturen ...	176
9.10	Strukturelle Eigenschaften der Washcoating Katalysatoren	178
9.11	Ergänzende XRD-Daten	179
9.12	Chemisorptionsmessungen	180
9.13	Exemplarische Tieftemperatur TPD-Messung	181
9.14	Volumenstromscreening der Kalzinierstudie.....	182
9.15	Volumenstromscreening der Basismaterial-Studie	182
9.16	Validierung der Versuche.....	183
	Lebenslauf.....	184