

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung	3
1.1	Einleitung	3
1.2	Problemstellung und Zielsetzung	4
2	Grundlagen	6
2.1	Effizienz der Energieumwandlung – Carnot-Prozess	6
2.2	Brennstoffzellen	8
2.2.1	Historisches zur Brennstoffzelle	8
2.2.2	Prinzip der Brennstoffzelle	9
2.2.3	Vergleich mit konventionellen Kraftwerken	10
2.2.4	Brennstoffzellentypen	12
2.3	Die oxidkeramische Brennstoffzelle (SOFC)	14
2.3.1	Aufbauvarianten	17
2.3.2	Funktionelle Schichten	20
2.4	Nickel in SOFC Substraten und Anoden	26
2.4.1	Thermodynamik der Oxidationsvorgänge bei Metallen	28
2.4.2	Oxidationsmodelle von Metallen	30
2.4.3	Bestimmende Prozesse der NiO-Reduktion	32
2.4.4	Bestimmende Prozesse und Kinetik der Nickel-Oxidation	33
2.4.5	Bestimmende Prozesse und Kinetik der Oxidation von porösen Nickel/YSZ-Cermets	34
2.4.6	Stand der Forschung zur Redox-Problematik	34
3	Experimentelle Methoden	42
3.1	Probenherstellung	42
3.1.1	Freie Halbzellen	43
3.1.2	Halbkassetten	44
3.2	Aufbau der Messapparaturen	45
3.2.1	Aufbau für die Versuche an freien Halbzellen	45
3.2.2	Aufbau für Versuche an G-Design Halbkassetten	46
3.2.3	Aufbau für Versuche an CS-Design Halbkassetten	48
3.3	Durchgeführte Experimente	50
3.3.1	Versuchsablauf	50
3.3.2	Varierte Einflussgrößen	51
3.4	Untersuchungs- und Charakterisierungsmethoden	52
3.4.1	Substratcharakterisierung	52
3.4.2	Pyknometermessungen	52

3.4.3	Chemisorption	53
3.4.4	Untersuchungen an reoxidierten Proben	54
3.4.5	Lichtmikroskopische Untersuchungen	56
3.4.6	Rasterelektronenmikroskopie	57
3.4.7	Topographische Untersuchungen	58
3.4.8	Röntgendiffraktometrie	58
4	Ergebnisse und Diskussion	60
4.1	Substratcharakterisierung	60
4.2	Untersuchungen an freien Halbzellen	65
4.2.1	Einfluss der Reoxidationsbedingungen	65
4.2.2	Einfluss von Substrateigenschaften	71
4.2.3	Bestimmende Prozesse der Reoxidation	77
4.2.4	Ursache der Reoxidationsproblematik	83
4.2.5	Modellhafte Beschreibung der Reoxidation	85
4.3	Untersuchungen an Halbkassetten	95
4.3.1	Versuche an G-Design Halbkassetten	96
4.3.2	Versuche an CS-Design Halbkassetten	100
4.4	Untersuchungen an Stacks	110
5	Zusammenfassung	116
6	Literatur	121
7	Abkürzungen	137