
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung	1
1.1	Die Brennstoffzelle als Querschnitts- und Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts	1
1.2	Der mobile Einsatz einer SOFC-APU.....	1
1.3	Anforderung der SOFC als APU für den mobilen Einsatz.....	2
1.4	Aufgabenstellung und Zielsetzung	5
2	Grundlagen der Brennstoffzellentechnologie.....	7
2.1	Aufbau, Funktionsprinzip und Herstellprozesse der SOFC.....	7
2.1.1	Anode (Substrat) und Anodenfunktionsschicht.....	8
2.1.2	Elektrolyt	8
2.1.3	Kathode und Kathodenfunktionsschicht	9
2.1.4	Kontaktschichten.....	9
2.1.5	Dichtung.....	9
2.1.6	Interkonnektor (Bipolarplatten)	10
2.1.7	Gasstromführung	11
2.1.8	Thermodynamische und elektrochemische Grundlagen der SOFC	15
2.1.8.1	Elektrodenprozesse.....	15
2.1.8.2	Kennliniengleichung einer Brennstoffzelle	16
3	Modellierung und numerische Strömungssimulation	20
3.1	Literaturübersicht über die SOFC-Modellierung	20
3.2	Computational Fluid Dynamics (CFD)	21
3.3	Theoretische Grundlagen der numerischen Strömungssimulation	22
3.4	Berechnung thermodynamischer Stoff- und Transportdaten von SOFC relevanten Gasen	25
3.5	Methode der äquivalenten Permeabilität	27
3.6	Dimensionsanalyse mittels des II-Theorems	30
4	Simulationsgestützte Entwicklung eines Kassettendesigns	33
4.1	Anwendbarkeitsstudie der numerischen Strömungssimulation.....	33
4.2	Entwurf und Auslegung eines virtuellen Prototyps für das Kassettendesign.....	36

4.3	Designmodifikation des virtuellen Prototyps des Kassettendesigns	41
4.4	Fertigung und Weiterentwicklung eines realen Prototyps für das Kassettendesign ...	43
4.4.1	Designmodifikation des realen Prototyps des Kassettendesigns	43
4.4.1.1	Prototypenfertigung für das CP-Kassettendesign	45
4.4.1.2	Prototypenfertigung für das CS-Kassettendesign	54
4.4.1.3	Zusammenfassung	58
4.4.2	Fluiddynamische Charakterisierung der Gasverteilterringe	59
4.4.3	Fluiddynamische Auslegung des Interkonnektordesigns (Formfaktor und Arbeitsdiagramme).....	62
4.4.4	Elektrische Auslegung des Interkonnektordesigns	70
4.4.4.1	Analytisches 1D-Modell	71
4.4.4.2	Numerisches 2D-Modell	74
4.4.4.3	Ergebnisse des analytischen 1D-Modells	75
4.4.4.4	Ergebnisse des numerischen 2D-Modells und Vergleich mit 1D-Modell	80
5	Messaufbauten und Messmethoden	85
5.1	Bestimmung der Druckverlustbeiwerte für das Drahtgestrick	85
5.1.1	Messmethode und Versuchsaufbau	85
5.1.2	Ergebnisse	86
5.2	Versuchsstand zur Messung der Strömungsverteilung	86
5.2.1	Messmethode und Versuchsaufbau	86
5.2.2	Ergebnisse	93
5.3	Versuchsstand zur Visualisierung der Strömungsverteilung	93
5.3.1	Messmethode und Versuchsaufbau	93
5.3.2	Ergebnisse	97
6	Experimentelle und numerische Ergebnisse – Darstellung, Vergleich und Bewertung	98
6.1	Druckverlustmessungen und Modellierung des Drahtgestricks	98
6.2	Strömungsverteilung im Kassettendesign	101
6.2.1	Strömungsverteilung auf der Kathodenseite im CS-Design	101
6.2.2	Strömungsverteilung auf der Anodenseite im CS-Design	113
6.3	Computergestützte Berechnung der Strömungsverteilung im Stack	116
6.4	Bewertung und Optimierung des Kassettendesigns	124

7	Zusammenfassung und Ausblick.....	127
8	Literaturverzeichnis.....	131
9	Anhang	138
9.1	Nomenklatur	138
9.2	Berechnung thermodynamischer Stoff- und Transportdaten	145
9.2.1	Berechnung der isobaren molaren Wärmekapazität.....	145
9.2.2	Berechnung der Wärmeleitfähigkeit	145
9.2.3	Berechnung der dynamischen Viskosität.....	146
9.2.4	Berechnung der Stoffdaten für ein POX-Reformat	147
9.3	Herleitung der Kennliniengleichung zur Bestimmung des ASR	148
9.4	Bestimmung der Druckverlustbeiwerte für das Drahtgestrick	149
9.4.1	Versuchsdurchführung	149
9.4.2	Fehlerabschätzung.....	150
9.5	Versuchsstand zur Messung der Strömungsverteilung	150
9.5.1	Versuchsdurchführung	150
9.5.2	Fehlerabschätzung.....	152
9.6	Versuchsstand zur Visualisierung der Strömungsverteilung.....	152
9.6.1	Versuchsdurchführung	152
9.6.2	Fehlerabschätzung.....	153