

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung und Aufgabenstellung	5
2 Technischer Überblick	7
2.1 Energiewandlung	7
2.2 Funktion der Direktmethanol-Brennstoffzelle	8
2.2.1 Grundlagen	9
2.2.2 Chancen	10
2.3 Membran-Elektroden-Einheit	11
2.3.1 Elektrolyt	11
2.3.2 Katalysatorschichten	13
2.3.3 Diffusionsschichten	13
2.4 Strömungsverteiler und Bipolarplatten	14
2.5 Endplatten und Spannelemente	15
2.6 Versorgungsleitungen und sonstige Stackbauteile	15
2.7 Brennstoffzellen-Systeme	15
3 Methodik zur Beurteilung von Stackkomponenten	17
3.1 Entwicklungsmethodik	17
3.1.1 System Brennstoffzelle und Systemgrenzen	18
3.1.2 Brennstoffzellensystem	19
3.1.3 Zellstapel	19
3.1.4 Zelle	20
3.2 Messgrößen	20
3.3 Kenngrößen zur Beurteilung der Konstruktion von Stacks	21
3.3.1 Längen Kennzahl – Flächennutzung	21
3.3.2 Charakterisierung der Volumennutzung	22
3.3.3 Massenbezogene Kenngrößen	22
3.4 Kennzahlen zur Beurteilung der Betriebsparameter	23
3.4.1 Flächenbezogene Volumen- und Massenströme	23
3.4.2 Stoffmengenbezogene Kenngrößen	24
3.4.3 Wasserdurchtritt durch die Membran	25
3.4.4 Spreizung und Homogenität	26
3.5 Kenngrößen zur Beurteilung der Zelleistung	26
3.5.1 Die Zellspannung $U_{\Omega-0}$	28
3.5.2 Der Widerstandsterm R_{Ω}	29
3.5.3 Gegenüberstellung von $U_{\Omega-0}$ und R_{Ω}	30
3.6 Zusammenstellung der entwickelten Kenngrößen	30
4 Zellbetrieb und Stofftransport in der Brennstoffzelle	33
4.1 Transportphänomene in Membran und MEA	35
4.1.1 Protonenleitung im Elektrolyten	35

4.1.2	Wasserpermeation ohne Protonenfluss	37
4.1.3	Methanol- und Wasserpermeation unter elektrischer Last	39
4.2	Transportprozesse im Anodenraum	45
4.2.1	Diffusionszone und Katalysator	46
4.2.2	Diffusionszone und Strömungsverteiler	51
4.3	Transportprozesse im Kathodenraum	56
4.3.1	Diffusionszone und Katalysator	57
4.3.2	Diffusionszone und Strömungsverteiler	62
4.4	Stationärer Zellbetrieb	71
4.4.1	Wärmebilanz	71
4.4.2	Einfluss der Temperatur auf die Zelleistung	73
4.5	Dynamischer Betrieb	75
4.5.1	Startphase	77
4.5.2	Lastwechsel	77
4.5.3	Abfahren	78
4.6	Unterversorgung von Zellen und Zellabschnitten	78
4.6.1	Unterversorgung der Anode	79
4.6.2	Unterversorgung der Kathode	79
4.7	Zusammenstellung der Ergebnisse aus Kapitel 4	87
5	Brennstoffzellstack: Komponenten und Funktionalität	89
5.1	Stackkonzept	89
5.1.1	Bipolarer Aufbau	89
5.1.2	Monopolarer Aufbau	90
5.1.3	Sonstige Konzepte	92
5.2	Strömungsverteiler und Dichtungskonzept	92
5.2.1	Funktion des Strömungsverteilers – Ausführungsvarianten	92
5.2.2	Fertigungsmethoden und Fertigungsungenauigkeiten	104
5.2.3	Dichtungskonzept	110
5.2.4	Interaktion kathodischer und anodischer Verteilerstrukturen	115
5.2.5	Druckverlust beim Durchströmen – Zweiphasenströmung	117
5.2.6	Elektrische Eigenschaften von Kollektor- und Bipolarplatten	120
5.3	Versorgungskanäle zu den Zellen	127
5.4	Endplatten	128
5.4.1	Materialien	128
5.4.2	Anpressdruck	128
5.5	Stackauslegung	130
5.6	Stack und System – Integration von Systemkomponenten	133
5.6.1	Anodische Medienversorgung	134
5.6.2	Luftzufuhr – Luftmengensteuerung	134
5.6.3	Phasenseparation im Strömungsverteiler	135
5.6.4	Medieneinspeisung im Strömungsverteiler	136
5.6.5	Methanol- oder Wasserstoffnachverbrennung im Kathodenraum	136

5.6.6 Überwachungselektronik und Sensorik	138
5.7 Umsetzung und Bewertung	138
5.8 Zusammenstellung der Ergebnisse aus Kapitel 5	141
6 Ergebnis und Ausblick	145
7 Anhang	149
7.1 Werkstoffdaten	149
7.2 Indizes	154
7.3 Nomenklatur	154
7.4 Abkürzungen	155
7.5 Tabellenverzeichnis	156
7.6 Abbildungsverzeichnis	156
7.7 Literaturverzeichnis	161