

Modellierung und Simulation von Hochtemperatur-Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen

Mirko Kvesić



Forschungszentrum Jülich GmbH Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK) Elektrochemische Verfahrenstechnik (IEK-3)

Modellierung und Simulation von Hochtemperatur-Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen

Mirko Kvesić

Schriften des Forschungszentrums Jülich Reihe Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 158

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-89336-835-8

Inhaltsverzeichnis

Einl	Einleitung									
Lite	teraturübersicht 5									
2.1	Model	lierungsebenen	5							
2.2 Zellm		dellierung	7							
	2.2.1	PEFC-Modelle	7							
	2.2.2	HT-PEFC-Modelle	12							
	2.2.3	CO-Effekte	15							
2.3	Stackr	nodellierung	17							
Strö	ömungsmodellierung 21									
3.1	Reyno	lds-Transporttheorem	21							
	3.1.1	Massenerhaltungs-Gleichung	22							
	3.1.2	Impulserhaltungs-Gleichung	23							
	3.1.3	Energie- und Spezieserhaltungs-Gleichung	25							
	3.1.4	Freie Konvektion	26							
3.2	Nume	rische Strömungsmechanik	29							
	3.2.1	CFD	29							
	3.2.2	Diskretisierungsmethoden	30							
3.3	Quell-	und Senkterme	35							
Elek	Elektrochemische Modellierung 37									
4.1	Kennli	nien-Modell	37							
	4.1.1	Offene Zellspannung	38							
	4.1.2	Aktivierungsüberspannung	39							
	4.1.3	Ohm'scher Widerstand	42							
4.2	4.2 Wasserstoff / Luft-Modell									
4.3	3 Reformat / Luft-Modell									
	Einl Lite 2.1 2.2 2.3 Strö 3.1 3.2 3.3 Elek 4.1	Literaturük 2.1 Model 2.2 Zellmör 2.2.2 2.2.3 2.3 Stackr Strömungs 3.1.1 3.1.2 3.1.3 3.1 Reyno 3.1.1 3.1.2 3.1.3 3.1.4 3.2 Numer 3.2.1 3.2.2 3.3 Quell- Elektroche 4.1 4.1 Kennli 4.1.3 4.2 4.3 Reform	Einleitung Literaturübersicht 2.1 Modellierungsebenen 2.2 Zellmodellierung 2.2.1 PEFC-Modelle 2.2.2 HT-PEFC-Modelle 2.2.3 CO-Effekte 2.3 Stackmodellierung 3.1 Reynolds-Transporttheorem 3.1.1 Massenerhaltungs-Gleichung 3.1.2 Impulserhaltungs-Gleichung 3.1.3 Energie- und Spezieserhaltungs-Gleichung 3.1.4 Freie Konvektion 3.2 Numerische Strömungsmechanik 3.2.2 Diskretisierungsmethoden 3.3 Quell- und Senkterme 4.1 Kennlinien-Modell 4.1.2 Aktivierungsüberspannung 4.1.3 Ohm'scher Widerstand 4.2 Wasserstoff / Luft-Modell							

	4.4	Modellimplementierung									
		4.4.1	Aktivierungsspannungen: Ergebnis des Vergleichs zweier Modellie-								
			rungsansätze	49							
5	Gre	enzen und Fehler bei der Modellierung 51									
	5.1	Model	lfehler	51							
	5.2	Transp	portparameter-Fehler	52							
	5.3	Diskre	Diskretisierungsfehler								
	5.4	Iterationsfehler									
	5.5	Limitie	erte Rechnerleistung	54							
	5.6	Validie	erungsfehler	55							
6	Por	oröser Volumen-Ansatz 57									
	6.1	Ström	ung im Flowfield	57							
	6.2	Porös	es Volumen	60							
		6.2.1	Strömungsumlenkung in porösen Medien	61							
		6.2.2	Flowfield-Geometrie	62							
	6.3	GDL-E	Einfluss	65							
		6.3.1	Gerader Kanal mit GDL	65							
		6.3.2	Mäander-Segment mit GDL	67							
	6.4	Validie	erung	69							
		6.4.1	Strömung im geraden Kanal	70							
		6.4.2	Strömung im Mäander-Segment	71							
		6.4.3	Strömung im Flowfield-Segment	73							
		6.4.4	Kanal-Segment mit Elektrochemie	74							
7	Мос	Modellierung und Simulation des 200 cm ² Stacks 77									
	7.1	Ström	ungsverteilung im Stack-Manifold	80							
		7.1.1	Manifold-Geometrie	80							
		7.1.2	Wasserstoffverteilung	81							
		7.1.3	Luftverteilung	83							
	7.2	simulation im Wasserstoff / Luft-Betrieb	85								
		7.2.1	Modell-Konsistenz	86							
		7.2.2	Lokale Temperatur und Stromdichteverteilung	87							
		7.2.3	Zusammenfassung	95							

	7.3 Stacksimulation im Reformat / Luft-Betrieb						
		7.3.1	Lokale Temperatur- und Stromdichteverteilung	96			
		7.3.2	Stromdichteuntersuchungen am Einzelkanal	100			
		7.3.3	Einfluss der Strömungsanordnung im Stack	105			
		7.3.4	Zusammenfassung	107			
8	Mod	ellskal	ierung am Beispiel eines 320 cm ² Stacks	109			
8.1 Strömungsverteilung im Stack-Manifold			ungsverteilung im Stack-Manifold	112			
		8.1.1	Wasserstoffverteilung	112			
	8.2	Stacks	simulation im Reformat / Luft-Betrieb	114			
		8.2.1	Validierung der Temperatur- und Spannungsverteilung	114			
		8.2.2	Lokale Temperatur- und Stromdichteverteilung	118			
		8.2.3	Zusammenfassung	121			
9	Zusa	ammenfassung 12					
Α	Anh	ang zu	Kapitel 7	127			
	A.1	Partiel	le Versorgung der aktiven Fläche	127			
No	Nomenklatur						
Ab	Abbildungsverzeichnis						
Та	Tabellenverzeichnis						
Lit	Literaturverzeichnis						

$$\frac{\partial}{\partial t} \int \rho \, \mathbf{v} \, dV + \int_{S} \rho \, \mathbf{v} \, \mathbf{v} \cdot \mathbf{n} \, dS = \int_{S} \mathbf{T} \cdot \mathbf{n} \, dS + \int_{V} \rho \, \mathbf{b} \, dV$$

Energie & Umwelt / Energy & Environment Band / Volume 158 ISBN 978-3-89336-835-8

