



Lattice-Boltzmann-Simulation in faserbasierten Mikrostrukturen

Jan Philipp Brinkmann

Forschungszentrum Jülich GmbH
Institute of Energy and Climate Research
Electrochemical Process Engineering (IEK-3)

Lattice-Boltzmann-Simulation in faserbasierten Mikrostrukturen

Jan Philipp Brinkmann

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

Band / Volume 232

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-89336-995-9

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Ziele der Arbeit	3
3. Grundlagen und Literatur	7
3.1. Motivation	7
3.2. Geometrie-Modelle	9
3.3. Strömungssimulation in der HT-PEFC	10
3.3.1. Grundprinzip und Anwendung	10
3.3.2. Betriebsbedingungen	12
3.3.3. Strömungssimulation - Grundlagen	13
3.3.4. Strömungssimulation - Brennstoffzelle	15
3.4. Lattice-Boltzmann-Methode: Vom Gas zu Lattice-BGK	16
3.4.1. Herleitung der Boltzmann-Gleichung	16
3.4.2. BGK-Näherung	20
3.4.3. Lattice-BGK-Methode	21
3.4.4. Eigenschaften der BGK-Gleichung	24
3.5. Lattice-Boltzmann-Methode: Erweiterungen	25
3.5.1. Randbedingungen	25
3.5.2. MRT/SRT	26
3.5.3. Mehrphasen und Mehrkomponenten	27
3.6. Klassifizierung von Strömung	31
4. Ablauf einer Simulation	33
5. Einkomponenten-Modell	37
5.1. Leerer Kanal	38
5.1.1. Aufbau	38
5.1.2. Validierung	38
5.1.3. Parameter-Bestimmung	41
5.2. GDL: generelle Analyse	47
5.2.1. Aufbau	47
5.2.2. Vergleich von MRT und SRT	49
5.2.3. Abmessungen des Simulationsgebietes	52
5.2.4. Analyse verschiedener GDLs	56
5.3. GDL: Validierung des Geometrie-Modells	60
5.3.1. Parameter-Identifizierung	60
5.3.2. Virtuelle Anpassung an die Realdaten	64
5.4. GDL: Fehleranalyse	69
5.4.1. Skalierung	69

5.4.2. Vergleich von MRT und SRT	72
5.5. Kanal-Steg-Szenario	74
5.5.1. Aufbau	74
5.5.2. Ergebnisse	75
6. Mehrkomponenten-Modell	85
6.1. Konvektion und Diffusion des LB-Algorithmus	85
6.2. Validierung im leeren Kanal	86
6.3. Kanal-Steg-Szenario	89
7. Diskussion	93
8. Zusammenfassung	99
Literaturverzeichnis	101
A. Physikalische Größen auf dem Gitter	111
B. Matrizen und Eigenwerte im MRT-Algorithmus	113
Abkürzungsverzeichnis	116
Abbildungsverzeichnis	122
Tabellenverzeichnis	126

Die Forschungsaufgaben des Instituts für Energie- und Klimaforschung – Elektrochemische Verfahrenstechnik (IEK-3) sind auf die Realisierung von Hoch- und Niedertemperaturbrennstoffzellen sowie von entsprechenden Stacks oder Systemen für stationäre oder mobile Anwendungen ausgerichtet. Ferner umfassen die verfahrens- und systemtechnischen Entwicklungen die Bereitstellung von Apparaten zur Brenngaserzeugung. Darüber hinaus zielt das IEK-3 auf die Bereitstellung von Anlagen zur großtechnischen Erzeugung von Wasserstoff mittels Elektrolyseuren mit Polymerelektrolytmembranen. Für eine tiefgehende Aufklärung von Strukturen und deren Wirkung sowie von energetischen Prozessketten werden die Arbeiten von physikalisch-chemischen Grundlagenuntersuchungen sowie systemanalytischen Studien der Energieverfahrenstechnik begleitet.

Energie & Umwelt / Energy & Environment
Band / Volume 232
ISBN 978-3-89336-995-9

