



Inhaltsverzeichnis

1	Motivation	1
2	Theorie	5
2.1	Elektrochemische Grundlagen	5
2.2	Reaktionskinetik	7
2.2.1	Butler-Volmer-Gleichung	9
2.2.2	Tafel-Gleichung	10
2.2.3	Austauschstromdichte	10
2.2.4	Elektrochemische Reaktionsordnung	11
2.2.5	Ladungsübertragungskoeffizienten	14
2.3	Detaillierte Theorien	15
2.3.1	Theorie des Übergangszustands nach Eyring	15
2.3.2	Theorie zum outer-sphere Elektronenübergang nach Marcus	17
2.3.3	Theorie zum inner-sphere Elektronenübergang nach Taube	19
2.4	Elektrochemische Messmethoden	21
3	Stand des Wissens	27
3.1	Redox-Flow-Batterie	27
3.2	Eigenschaften der Elektrodenmaterialien	30
3.3	Untersuchungen der elektrochemischen Kinetik	34
3.3.1	Untersuchungen an Modellelektroden	34
3.3.2	Untersuchungen an porösen Elektroden	36
3.3.3	Modellgestützte Auswertung experimenteller Er- gebnisse	43
3.3.4	Untersuchungen an Einzelfaserelektroden	45



3.3.5	Mögliche Mechanismen der Vanadium-Ionen-Reaktionen	46
4	Zielsetzung	49
5	Experimentelle Untersuchungen an Kohlenstoffeinzelfaserelektroden	51
5.1	Herstellung der Einzelfaserelektroden und Versuchsdurchführung	51
5.2	Einfluss der aktiven Oberfläche	55
5.3	Überprüfung der homogenen Stromdichteverteilung . . .	60
5.4	Einfluss von Alterungseffekten	62
5.5	Reaktionsordnung	65
5.6	Ladungsübertragungskoeffizienten	69
6	Modellbasierte Untersuchung des Einflusses von inhomogener Aktivität der Fasern im Filz	77
6.1	DHC-Messung	78
6.2	Modell nach Paasch zur Abbildung poröser Elektroden . .	80
6.3	Einfluss verschiedener Verteilungen	84
7	Einfluss der Elektrolytkonzentration	89
7.1	Veränderung der verfügbaren Menge an aktiven Spezies durch Komplexbildung im positiven Elektrolyten	91
7.2	Einfluss der Komplexbildung auf die Reaktionsordnung im positiven Elektrolyten	94
7.3	Konzentrationsabhängige Änderung des Reaktionsmechanismus im negativen Elektrolyten	98
7.4	Einfluss der Änderung des Reaktionsmechanismus auf die Reaktionsordnung im negativen Elektrolyten	102
8	Bewertung der Limitierung der Elektrodenperformance durch Aktivität und Leitfähigkeit	109
9	Zusammenfassung und Ausblick	119



10 Anhang	123
10.0.1 Quelltexte der verwendeten Modelle	123
10.0.2 Ergänzende Diagramme von nicht dargestellten Messwerten	133
11 Abkürzungsverzeichnis	137
12 Symbolverzeichnis	139
13 Literaturverzeichnis	143