

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Motivation</b>	<b>1</b>
<b>2 Theorie</b>	<b>5</b>
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
<b>3 Stand des Wissens</b>	<b>27</b>
3.1 Redox-Flow-Batterie . . . . .	27
3.2 Eigenschaften der Elektrodenmaterialien . . . . .	30
3.3 Untersuchungen der elektrochemischen Kinetik . . . . .	34
3.3.1 Untersuchungen an Modellektroden . . . . .	34
3.3.2 Untersuchungen an porösen Elektroden . . . . .	36
3.3.3 Modellgestützte Auswertung experimenteller Ergebnisse . . . . .	43
3.3.4 Untersuchungen an Einzelfaserelektroden . . . . .	45

### 3.3.5 Mögliche Mechanismen der Vanadium-Ionen-Reaktionen 46

<b>4 Zielsetzung</b>	<b>49</b>
<b>5 Experimentelle Untersuchungen an Kohlenstofffeinzelfaselektroden</b>	<b>51</b>
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
<b>6 Modellbasierte Untersuchung des Einflusses von inhomogener Aktivität der Fasern im Filz</b>	<b>77</b>
6.1 DHC-Messung . . . . .	78
6.2 Modell nach Paasch zur Abbildung poröser Elektroden . . . . .	80
6.3 Einfluss verschiedener Verteilungen . . . . .	84
<b>7 Einfluss der Elektrolytkonzentration</b>	<b>89</b>
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
<b>8 Bewertung der Limitierung der Elektrodenperformance durch Aktivität und Leitfähigkeit</b>	<b>109</b>
<b>9 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>119</b>

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