



Isabelle Kroner (Autor)

# **Kinetische Charakterisierung und Bewertung des Optimierungspotentials von Kohlenstofffilzelektroden für Vanadium-Redox-Flow-Batterien**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8693>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Motivation</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>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</b>	<b>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 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
<b>4</b>	<b>Zielsetzung</b>	<b>49</b>
<b>5</b>	<b>Experimentelle Untersuchungen an Kohlenstoffeinzelfaserelektroden</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</b>	<b>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</b>	<b>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</b>	<b>Bewertung der Limitierung der Elektrodenperformance durch Aktivität und Leitfähigkeit</b>	<b>109</b>
<b>9</b>	<b>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>