



Gerrit Karl Martin (Autor)

# Thermodynamische Analyse von Lithium-Ionen Zellen

Herausgeber: Prof. Dr. Kai Peter Birke

**ENERGIE & NACHHALTIGKEIT**  
Elektromobilität & Batterietechnologie

Gerrit Karl Martin

**Thermodynamische Analyse von  
Lithium-Ionen Zellen**

Elektrische  
Energiespeichersysteme



Nachhaltige  
CO<sub>2</sub>-Kreisläufe



Elektromobilität &  
Batterietechnologie



Cuvillier Verlag Göttingen  
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/9069>

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>Veröffentlichungen</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Eidesstattliche Erklärung</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Symbolverzeichnis</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Einordnung der Thematik</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Funktionalität einer Batterie</b>	<b>16</b>
6.1	Wirkungsprinzip . . . . .	16
6.2	Physikalischer Aufbau . . . . .	17
6.3	Relevante Erhaltungsgrößen . . . . .	19
6.3.1	Kontinuitätsgleichung . . . . .	19
6.3.2	Massentransfer . . . . .	20
6.3.3	Energieerhaltung . . . . .	21
6.4	Thermodynamische Potentiale . . . . .	22
<b>7</b>	<b>Thermodynamische Betrachtungsweise</b>	<b>27</b>
7.1	Spannung . . . . .	27
7.2	Reaktionsentropie . . . . .	31
7.2.1	Betrachtungsweise über die thermodynamischen Potentiale . . . . .	31
7.2.2	Statistische Interpretation . . . . .	42
7.2.3	Gibbssche Phasenregel . . . . .	46
7.3	Ruhspannungshysterese . . . . .	47
7.4	Nichtgleichgewichtszustand . . . . .	52
7.4.1	Elektrochemische Doppelschicht . . . . .	55
7.4.2	Transportprozesse . . . . .	62
7.4.3	Reversible und Irreversible Zustandsänderungen . . . . .	68
7.4.4	Zellimpedanz . . . . .	69

## *Inhaltsverzeichnis*

<b>8 Messverfahren</b>	<b>71</b>
8.1 Bestimmung der Wärmekapazität . . . . .	71
8.2 Reaktionsentropie . . . . .	76
8.2.1 Via externem Wärmefluss . . . . .	77
8.2.2 Via interner Wärmebilanz . . . . .	99
8.3 Hysterese . . . . .	100
<b>9 Ergebnisse</b>	<b>104</b>
9.1 Reaktionsentropie . . . . .	104
9.1.1 Temperaturabhängigkeit . . . . .	104
9.1.2 Reversibilität . . . . .	112
9.1.3 Irreversibilität . . . . .	119
9.1.4 Elektrodenspezifische Charakteristika . . . . .	121
9.1.5 Alterungscharakterisierung via Entropie . . . . .	142
9.2 Kalorimetrie . . . . .	146
9.3 Reversible Verlustleistung . . . . .	151
<b>10 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>158</b>
<b>11 Literaturverzeichnis</b>	<b>160</b>
<b>12 Lebenslauf</b>	<b>171</b>