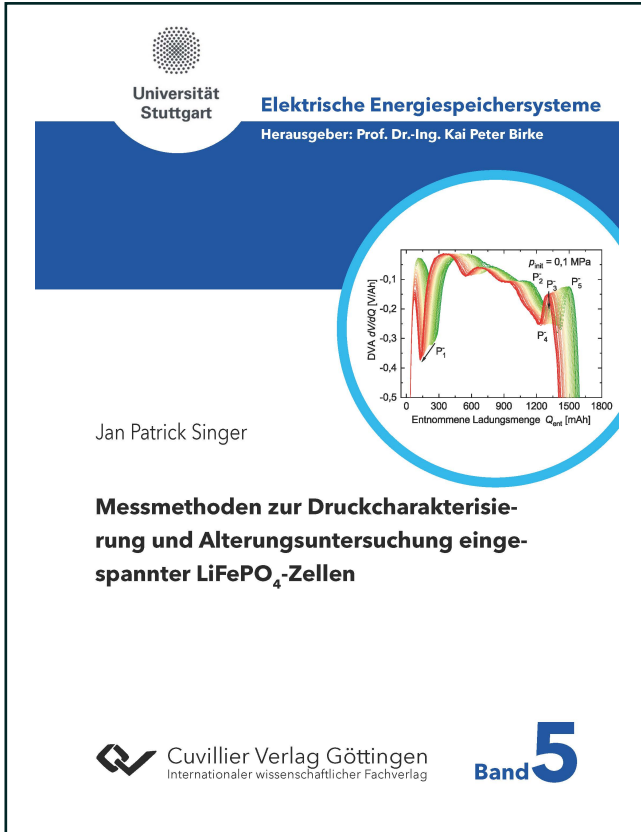




Jan Patrick Singer (Autor)
**Messmethoden zur Druckcharakterisierung und
Alterungsuntersuchung eingespannter LiFePO₄-Zellen**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8391>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

Inhaltsverzeichnis

Abstract	1
Zusammenfassung	3
1 Einleitung	5
1.1 Motivation	5
1.2 Aufbau der Arbeit	7
2 Grundlagen	9
2.1 Funktionsweise einer Lithium-Ionen-Zelle	9
2.2 Thermodynamik der Lithium-Ionen-Zelle	11
2.3 Zellkinetik	13
2.3.1 Kontaktüberspannung	14
2.3.2 Ohm'sche Überspannung	14
2.3.3 Durchtrittsüberspannung	14
2.3.4 Diffusionsüberspannung	15
2.3.5 Temperaturabhängigkeit	16
2.4 Reaktionsmechanismen und Volumenänderung der Aktivmaterialien	16
2.4.1 Graphit-Anode	17
2.4.2 Lithiumeisenphosphat-Kathode	19
2.5 Zellalterung	20
2.5.1 Anode	20
2.5.2 Kathode	21
2.5.3 Mechanischer Druck	22
2.6 Batteriespezifische Kenngrößen	23
3 Bestimmung charakteristischer Zellkenngrößen	26
3.1 Spannungs- und Druckkennlinien	27

3.2	Differentielle Analysen von Spannungs- und Druckkennlinien	29
3.3	Impedanzanalyse	31
3.3.1	Theorie der Impedanzanalyse	31
3.3.2	Impedanzanalyse von RC-Gliedern	32
3.4	Verteilung der Relaxationszeiten	34
3.4.1	Theorie der DRT-Analyse	34
3.4.2	Physikalisches Zellmodell	37
3.4.3	DRT-Analyse der RC-Glieder	40
3.4.4	DRT als Funktion des Ladezustands	41
3.4.5	Verhaltensmodell versus physikalisches Modell	43
3.5	Kinetik der Gefügeumwandlung	45
3.6	Bestimmung des Diffusionskoeffizienten	48
3.6.1	Gleichstrommethode	48
3.6.2	Messgerätevergleich	55
3.6.3	Wechselstrommethode	56
3.6.4	Vergleich der Diffusionsmessmethoden	58
4	Elektrische Parameter und Zellkenngrößen	60
4.1	Kennlinienanalyse	60
4.1.1	Spannungskennlinie	60
4.1.2	Druckkennlinie	68
4.2	Kapazitäten, Energiemengen und Wirkungsgrade	74
4.2.1	Kapazitäten und Energiemengen	74
4.2.2	Wirkungsgrade	77
4.3	Innenwiderstand	80
4.3.1	EIS-Messung	80
4.3.2	GIT-T-Puls-Messung	81
4.4	Zwischenfazit	85
4.4.1	Kennlinienanalyse	85
4.4.2	Kapazitäten, Energiemengen und Wirkungsgrade	85
4.4.3	Innenwiderstand	86
5	Kinetik, Grenzflächen und Diffusion	87
5.1	Kinetik der Gefügeumwandlung	87
5.2	Grenzflächenuntersuchungen	93
5.2.1	Druckabhängigkeit der DRT	93

5.2.2	Druckabhängigkeit der Zeitkonstanten und RC-Ersatzgrößen	94
5.2.3	Aktivierungsenergien der Zeitkonstanten	103
5.2.4	Plausibilitätsprüfung der Aktivierungsenergien	107
5.3	Diffusionskoeffizienten	110
5.3.1	Druckabhängigkeit bei Raumtemperatur	110
5.3.2	Temperaturverhalten unter Druck	112
5.4	Zwischenfazit	116
5.4.1	Kinetik der Gefügeumwandlung	116
5.4.2	Grenzflächenuntersuchungen	116
5.4.3	Diffusionskoeffizienten	117
6	Zellalterung unter Druckeinwirkung	119
6.1	Kapazitätsverlauf	119
6.2	Druckverlauf	121
6.3	Differentielle Analysen	124
6.3.1	Differentielle Spannungsanalyse	124
6.3.2	Differentielle Kapazitätsanalyse	127
6.3.3	Differentielle Druckanalyse	129
7	Ausblick	132
A	Aktivierungsenergien der RC-Ersatzgrößen	134
B	Anmerkungen zum Diffusionskoeffizienten	138
C	Druck-Dehnungskurven	140
D	Gummiballon-Modell	141
	Abkürzungsverzeichnis	143
	Tabellenverzeichnis	150
	Abbildungsverzeichnis	151
	Literaturverzeichnis	156
	Veröffentlichungen	171

Curriculum Vitae	173
Danksagung	177
