



Inhaltsverzeichnis

Verwendung von Anglizismen	1
Abstract	2
Zusammenfassung	4
1 Einleitung	6
1.1 Motivation	6
1.2 Aufbau der Arbeit	8
2 Batterie, Thermal Runaway und Propagation	10
2.1 Lithium-Ionen-Batterie	10
2.1.1 Lithium-Ionen-Zelle	10
2.1.2 Batteriesystem	13
2.2 Thermal Runaway	15
2.3 Thermal Propagation	16
2.3.1 Ausbreitung von Thermal Runaway	16
2.3.2 Effekte und Auswirkungen	17
3 Messverfahren und -technik	19
3.1 Adiabatisches Kalorimeter	19
3.2 Heizplattenkalorimeter	22
3.3 Autoklav	23
3.4 Wärmeleitfähigkeitsmessung	27
3.5 Thermoelemente	29
3.6 TR-Auslöser für Tests	31



3.6.1	Nagel-Penetration	31
3.6.2	Überhitzen	33
3.6.3	Überladen	33
3.6.4	Weitere Auslöser	34
3.7	Bestimmung TP-Zeiten	34
4	Thermal Propagation	38
4.1	Ansätze der thermischen Modellierung	38
4.1.1	RC-Gliedmodell	38
4.1.2	Analytische Betrachtung	40
4.2	Einflussfaktoren	47
4.2.1	Wärmeleitfähigkeit	47
4.2.2	Verpresskraft	49
4.2.3	Ladezustand	52
4.3	Elektrische Verschaltung der Zellen	56
4.3.1	Versuchsreihe	56
4.3.2	Modellbildung und Simulation	60
4.3.3	Einflussanalyse	68
5	Venting-Gas	74
5.1	Zellauswahl	74
5.2	Gaszusammensetzung	76
5.3	Einflussfaktoren	80
6	Thermal Runaway Erkennung	86
6.1	Sensorik	86
6.2	Versuchsreihe	89
6.3	Bewertung	93
7	Ausblick	96
A	Strommessungen aus Kapitel 4.3	98
B	Anpassungsergebnisse aus Kapitel 4.3	101



INHALTSVERZEICHNIS

iii

Abkürzungsverzeichnis	107
Tabellenverzeichnis	110
Abbildungsverzeichnis	111
Stichwortverzeichnis	113
Literaturverzeichnis	114
Veröffentlichungen	127
Curriculum Vitae	128
Danksagung	129