

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	XI
Symbolverzeichnis	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation	1
1.2 Zielsetzung	3
1.3 Wissenschaftstheoretische Einordnung der Arbeit	4
1.3.1 Grundlegende Erkenntnisperspektive	4
1.3.2 Forschungsmethodologie	5
1.4 Forschungsfrage	8
1.5 Aufbau der Arbeit	9
2 Grundlagen des Betrachtungsbereichs	13
2.1 Produktarchitektur Lithium-Ionen-Batteriezelle	13
2.1.1 Aufbau und Funktionsweise	13
2.1.2 Formfaktoren und Geometrie	16
2.1.3 Produktmerkmale	18
2.1.4 Prozessmerkmale	21
2.1.5 Zwischenfazit	23
2.2 Produktionsprozess Lithium-Ionen-Batteriezelle	23
2.2.1 Elektrodenfertigung	25
2.2.2 Zellassembly	28
2.2.3 Zelffinishing	30
2.2.4 Zwischenfazit	32
2.3 Ausschussproblematik im Wiederanlauf	33
2.4 Handlungsbedarf aus der Praxis	36
3 Grundlagen des Gestaltungsbereichs	39
3.1 Anforderungen an die Methodik	42
3.1.1 Inhaltliche Anforderungen	43

3.1.2	Formale Anforderungen	45
3.1.3	Kriterien inhaltlicher und formaler Anforderungen	46
3.2	Theorien des Produktionsanlaufs	50
3.2.1	Einordnung der Produktentwicklung	52
3.2.2	Einordnung der Prozessentwicklung	54
3.2.3	Einordnung des Wiederanlaufs	56
3.2.3.1	Arten von Produktionsanläufen	60
3.2.3.2	Logistisches Wachstum im Produktionsanlauf	63
3.2.3.3	Zielsystem des Produktionsanlaufs	66
3.2.4	Regressionsanalyse zur Auswertung von Produktionsanlaufdaten	69
3.2.5	Aufstellen von Versuchsplänen zur Analyse von Produktionsanlaufdaten	73
3.2.5.1	Vollfaktorieller Versuchsplan	73
3.2.5.2	D-optimaler Versuchsplan	75
3.3	Ganzheitliche Ansätze der Produktionsanlaufplanung	76
3.3.1	Gestaltung des Produktionsanlaufs nach MAUE	77
3.3.2	Performance Management im Produktionsanlauf nach RENNER	78
3.3.3	Management von Serienanläufen nach SCHMITT	79
3.3.4	Optimierung von Anlaufmanagement nach STADLER	80
3.3.5	Ramp-Up Management nach TÜCKS	81
3.3.6	Integrierte Messtechnik für Prozessketten nach KÖLMEL	83
3.3.7	Simulationsbasierte Anlaufunterstützung nach LANZA	84
3.3.8	Bewertung der Herstellkosten nach SCHÜNEMANN	85
3.3.9	Analyse komplexer Prozessketten nach WESTERMEIER	86
3.3.10	Modellierung vernetzter Wirkbeziehungen nach WINKLER	87
3.3.11	Auswahl von Fertigungsressourcen nach HEIMES	89
3.3.12	Anlauforientierte Technologieplanung nach NAU	90
3.3.13	Konfiguration der Produktmixflexibilität nach NOWACKI	91
3.3.14	Gestaltung von Fertigungssystemen nach STAUDER	92
3.4	Handlungsbedarf aus der Theorie	93
4	Konzeption der Methodik	97
4.1	Grundlagen der Modellierungstheorie	97
4.1.1	Allgemeine Modellierungstheorie	97
4.1.2	Systemtechnik	99
4.2	Aufbaustruktur der Methodik	103
4.2.1	Grobkonzept der Methodik	103
4.2.2	Definition der Ablaufstruktur	107
4.3	Zwischenfazit	108

5 Detaillierung der Methodik	111
5.1 Detaillierung des Initiierungsmoduls	112
5.1.1 Aufnahme des existierenden Gesamtprozesses	112
5.1.2 Definition der Qualitätsmerkmale der Batteriezelle	117
5.1.3 Zusammenfassung des Initiierungsmoduls	123
5.2 Detaillierung des Analysemoduls	124
5.2.1 Analyse prozessübergreifender Wirkzusammenhänge	125
5.2.1.1 Verhalten lokaler Qualitätsparameter	125
5.2.1.2 Verhalten globaler Qualitätsparameter	129
5.2.2 Analyse des Einschaltverhaltens der einzelnen Prozessschritte	131
5.2.3 Analyse der physisch-mathematischen Modellierung	137
5.2.4 Zusammenfassung des Analysemoduls	156
5.3 Detaillierung des Gestaltungsmoduls	157
5.3.1 Modellierung der Wiederanlaufplanung	157
5.3.2 Überprüfen des Wiederanlaufprozesses	163
5.3.3 Zusammenfassung des Gestaltungsmoduls	167
5.4 Zusammenfassung der Methodik	168
6 Validierung der Methodik an der Batteriezellproduktion	171
6.1 Anwendung der Methodik	171
6.1.1 Initiierungsmodul	172
6.1.2 Analysemodul	175
6.1.3 Gestaltungsmodul	193
6.2 Kritische Reflexion	199
6.2.1 Abgleich mit den inhaltlichen Anforderungen	199
6.2.2 Abgleich mit den formalen Anforderungen	201
6.2.3 Reflexion der Ergebnisse	201
7 Zusammenfassung	203
Literaturverzeichnis	207
A Anhang	221
A.1 Kausalitätsdiagramme der Prozessschritte	221
A.2 Qualitätsabhängigkeitsmatrizen der Prozessschritte	225
A.3 Wiederanlaufmodell in MATLAB SIMULINK	227
A.4 Prüfstandsaufbau und Parameterset	228