

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	VII
Formelzeichen	IX
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Motivation	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit	4
1.3 Forschungskonzeption	7
1.4 Aufbau der Arbeit	8
2 Grundlagen	11
2.1 Grundzüge der Systemtheorie	11
2.2 Betriebliches Energiemanagement	12
2.2.1 Betriebliche Energieträger	13
2.2.2 Einflussfaktoren auf den betrieblichen Energiebedarf	14
2.2.3 Aufgaben des betrieblichen Energiemanagements	15
2.2.4 Energiebeschaffung und Systemdienstleistungen	16
2.3 Energieflexible Produktionssysteme	20
2.3.1 Begriffsdefinitionen	20
2.3.2 Produktionswirtschaftliche Flexibilitätsarten	21
2.3.3 Maßnahmen energieflexibler Produktionssysteme	24
2.3.4 Wirkungsdimensionen der Energieflexibilität	25
2.3.5 Klassifikation von Energieflexibilitätspotentialen	28
2.4 Flexibilitätsplanung	29
2.4.1 Begriffsdefinition	29
2.4.2 Einordnung der Flexibilitätsplanung in die hierarchische Planung	30
2.4.3 Struktur des Flexibilitätsplanungsprozesses	32
2.5 Investitionsbewertung unter Unsicherheit	33
2.5.1 Begriffsdefinitionen	34
2.5.2 Grundlagen zur Investitionsbewertung	35

2.5.3	Investitionsbewertungsverfahren unter Unsicherheit	36
2.5.4	Bewertung von Realoptionen	39
2.6	Fazit.....	42
3	Stand der Forschung	43
3.1	Ansätze zur Konzeption energieflexibler Fabriken	43
3.2	Ansätze zur energieorientierten Fabrikplanung.....	48
3.3	Ansätze zur Flexibilitätsplanung.....	51
3.4	Ableitung des Handlungsbedarfs	56
4	Konzeption der Methodik zur Gestaltung energieflexibler Produktionssysteme	59
4.1	Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik.....	59
4.1.1	Allgemeine Anforderungen	59
4.1.2	Anforderungen an die Modelle	60
4.1.3	Anforderungen an das methodische Vorgehen.....	61
4.1.4	Anforderungen an die praktische Anwendung	62
4.2	Aufbau der Methodik.....	63
4.3	Fazit.....	64
5	Aufbau der Modelle	65
5.1	Modellierung des Energieflexibilitätsbedarfs	66
5.1.1	Beschreibung der Variabilität energetischer Umweltveränderungen.....	66
5.1.2	Beschreibung der Dynamik energetischer Umweltveränderungen.....	68
5.1.3	Ermittlung von Unsicherheiten im Energieflexibilitätsbedarf.....	69
5.2	Modellierung und Erfassung von Energieflexibilitätspotentialen in Produktionssystemen	70
5.2.1	Strukturierung der Partialmodelle.....	72
5.2.2	Produktmodell.....	74
5.2.3	Strukturmodell	76
5.2.4	Ressourcenmodell.....	79

5.2.5	Vorgehen zur Erfassung von Energieflexibilitätpotentialen.....	83
5.3	Modellierung des Zielsystems energieflexibler Fabriken	88
5.3.1	Aufbau des Zielsystems.....	88
5.3.2	Zielgröße: Energieflexibilität	89
5.3.3	Zielgröße: Zeit	91
5.3.4	Zielgröße: Kosten	92
5.3.5	Zielgröße: Qualität.....	94
5.3.6	Wechselwirkungen im Zielsystem energieflexibler Produktionssysteme.....	95
5.4	Fazit	98
6	Methodisches Vorgehen zur Gestaltung energieflexibler Produktionssysteme.....	99
6.1	Übersicht über das Vorgehen	99
6.2	Analyse und Spezifikation von Energieflexibilitätslücken	101
6.2.1	Audit des Energieflexibilitätsbedarfs und -potentials	102
6.2.2	Identifikation von Energieflexibilitätslücken.....	105
6.2.3	Priorisierung von Energieflexibilitätslücken.....	108
6.2.4	Ursachenanalyse von Energieflexibilitätslücken	110
6.3	Entwicklung von energetischen Flexibilisierungsstrategien	111
6.3.1	Gestaltungsprinzipien zur Entwicklung energetischer Flexibilisierungsmaßnahmen.....	111
6.3.2	Planung von energetischen Flexibilisierungsmaßnahmen	116
6.3.3	Simulationsgestützte Absicherung von energetischen Flexibilisierungsmaßnahmen.....	119
6.3.4	Ableitung von energetischen Flexibilisierungsstrategien	121
6.4	Bewertung von energetischen Flexibilisierungsstrategien	123
6.4.1	Ermittlung monetärer Unsicherheiten energieflexibler Produktionssysteme.....	124
6.4.2	Ermittlung von strategischen Handlungsoptionen zur energetischen Flexibilisierung.....	131

6.4.3	Berechnung des Optionswerts energetischer Flexibilisierungsstrategien	132
6.4.4	Analyse der Bewertungsergebnisse	143
6.5	Fazit.....	145
7	Anwendung und Bewertung	147
7.1	Beschreibung des Anwendungsbeispiels	147
7.1.1	Unternehmensbeschreibung.....	147
7.1.2	Beschreibung der Energieversorgung.....	148
7.2	Anwendung der Methodik	149
7.2.1	Modellierung des Unternehmens.....	149
7.2.2	Energieflexibilitätsbedarf.....	153
7.2.3	Initiale Erfassung von Energieflexibilitätspotentialen	155
7.2.4	Identifikation der Flexibilitätslücke.....	156
7.2.5	Entwicklung von Flexibilisierungsstrategien	157
7.2.6	Simulationsgestützte Bewertung der Flexibilisierungsmaßnahmen.....	158
7.2.7	Investitionsbewertung.....	161
7.3	Bewertung der Methodik	163
7.3.1	Beurteilung der Anforderungen.....	163
7.3.2	Technisch-wirtschaftliche Bewertung der Methodik	166
7.4	Fazit.....	168
8	Schlussbetrachtungen	171
8.1	Zusammenfassung.....	171
8.2	Ausblick	173
	Literaturverzeichnis	175
	Anhang	211
A1	Erneuerbare Energien.....	211
A2	Flexibilitätsarten.....	213
A3	Energieflexibilitätssteckbrief	216

A4	Zielsystemmatrix	220
A5	Anwendungsbeispiel.....	226
A6	Verzeichnis verwendeter Software.....	238
A7	Verzeichnis betreuter Studienarbeiten.....	239