

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis..... vi

Formelverzeichnis ix

1 Einleitung..... 1

1.1 Ausgangssituation 1

1.2 Motivation und Betrachtungsrahmen..... 4

1.3 Zielsetzung, wissenschaftliche Einordnung und Aufbau der Arbeit 8

2 Grundlagen..... 13

2.1 Übersicht 13

2.2 Produktionssysteme 13

2.2.1 Definitionen in der Literatur..... 13

2.2.2 Unterscheidungsmerkmale 15

2.2.3 Definition in der vorliegenden Arbeit 16

2.2.4 Modellierung 16

2.2.5 Flexibilität..... 17

2.2.6 Produktionsplanung und -steuerung..... 20

2.3 Risiko in der Produktion 21

2.3.1 Definition..... 21

2.3.2 Ursache-Wirkungskette 23

2.3.3 Risikomanagement 24

2.3.4 Produktionsrisiken..... 24

2.3.5 Kennzahlen der Zuverlässigkeit technischer Komponenten und Systeme..... 25

2.3.6 Methoden der Risikoidentifizierung und -bewertung 25

2.4	Vermarktung von Nachfrageflexibilität.....	26
2.4.1	Begrifflichkeiten.....	26
2.4.2	Instrumente des Demand Response	27
2.5	Energieflexibilität	30
2.5.1	Definition und Potenzialbegriffe.....	30
2.5.2	Grundsätzliche Lastmanagementstrategien.....	31
2.6	Zusammenfassung	32
3	Stand der Forschung und Handlungsbedarf	35
3.1	Übersicht.....	35
3.2	Identifikation und Bewertung von Energieflexibilität im Kontext der Produktionsplanung und -steuerung	36
3.2.1	Identifikation relevanter Verbraucher und deren Zustände	36
3.2.2	Bewertung von Energieflexibilitätsmaßnahmen.....	38
3.2.3	Umsetzung.....	41
3.3	Methoden und Modelle des Risikomanagements in der Produktion.....	46
3.3.1	Identifikation	46
3.3.2	Bewertung	49
3.4	Handlungsbedarf.....	52
4	Leitgedanke, Anforderungen und Vorgehen der Methodik.....	55
4.1	Allgemeines	55
4.2	Leitgedanke der Methodik	56
4.3	Anforderungen an die Methodik.....	57
5	Technische und organisatorische Bewertung von Energieflexibilität.....	61
5.1	Übersicht.....	61

5.2	Identifikation von Energieflexibilität.....	63
5.2.1	Auswahl von Produktionsstationen	63
5.2.2	Identifikation von Energieflexibilitätsmaßnahmen	65
5.2.3	Eigenschaften von Energieflexibilitätsmaßnahmen	67
5.3	Bestimmung der Bewertungsparameter auf Produktionssystemebene	68
5.3.1	Auswahl von geeigneten Ansätzen zur Beschreibung von Wirkzusammenhängen innerhalb eines Produktionssystems.....	68
5.3.2	Zielgrößen der Bewertung von Energieflexibilität.....	70
5.3.3	Größen zur Beschreibung des Wirkzusammenhangs.....	73
5.3.4	Einflussfaktoren der Zielgrößen für die Bewertung von Energieflexibilität	77
5.3.5	Wirkgefüge der Energieflexibilität innerhalb eines Produktionssystems	80
5.4	Kategorisierung von Energieflexibilitätsmaßnahmen.....	83
5.4.1	Parallele und sequenzielle Energieflexibilitätsmaßnahmenbündel (EFMB)	83
5.4.2	Verfügbarkeit von Energieflexibilitätsmaßnahmenbündel	85
5.4.3	Energieflexibilitätsmaßnahmenkataloge	87
5.4.4	Wechselwirkungen von Energieflexibilitätsmaßnahmen.....	88
5.5	Strategien zur technischen und organisatorischen Bewertung.....	91
5.5.1	Übersicht.....	91
5.5.2	Strategie zur Bewertung der Leistungsänderung (SBL)	92
5.5.3	Strategie zur Bewertung zeitlicher Eigenschaften (SBZ)	95
5.5.4	Strategie zur Bewertung von Wechselwirkungen (SBW).....	98
5.5.5	Bewertung von EFMB.....	101
5.6	Fazit.....	102

6 Risiko- und Wirtschaftlichkeitsbewertung von Energieflexibilität.....	105
6.1 Übersicht.....	105
6.2 Beschreibung von Energieflexibilität im Wirkgefüge von Produktionsrisiken	107
6.2.1 Wirkrichtung von Produktionsrisiken und Energieflexibilitätsmaßnahmen.....	107
6.2.2 Erweiterung bestehender Bewertungsmodelle für Produktionsrisiken.....	110
6.2.3 Bewertung von Methoden zur Identifikation und Bewertung von Risiken.....	111
6.2.4 Aufnahme von Produktionsrisiken.....	113
6.3 Bewertung von Energieflexibilität unter Berücksichtigung von Produktionsrisiken	116
6.3.1 Übersicht	116
6.3.2 Strategie zur Bewertung der Auswirkungen von Energieflexibilität auf Produktionsrisiken (SBPR).....	117
6.3.3 Strategie zur Bewertung der Verfügbarkeit von EFM unter Risiko (SBVR)	122
6.3.4 Strategie zur Bewertung der zeitlichen Eigenschaften von EFM unter Risiko (SBZR)	124
6.4 Wirtschaftlichkeitsbewertung von Energieflexibilität.....	129
6.4.1 Erlöse von Energieflexibilitätsmaßnahmen	129
6.4.2 Kosten von Energieflexibilitätsmaßnahmen	132
6.4.3 Risikokosten von Energieflexibilitätsmaßnahmen.....	133
6.5 Vermarktungsentscheidung von Energieflexibilität als Investitionsentscheidung.....	138
6.5.1 Investitionsausgaben von Energieflexibilität	138
6.5.2 Informationsaufbereitung	139

6.6	Fazit.....	140
7	Anwendung der Methodik im Praxisbeispiel.....	141
7.1	Übersicht	141
7.2	Beschreibung des Anwendungsszenarios	141
7.3	Bewertung von Energieflexibilität	143
7.4	Risiko- und Wirtschaftlichkeitsbewertung.....	147
8	Umsetzung und wirtschaftliche Bewertung der Methodik.....	151
8.1	Übersicht	151
8.2	Softwaretools.....	151
8.3	Erfüllung der Anforderungen.....	153
8.4	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Methodik.....	154
8.4.1	Übersicht.....	154
8.4.2	Aufwand	155
8.4.3	Nutzen und Wirtschaftlichkeit.....	156
9	Zusammenfassung und Ausblick	159
9.1	Zusammenfassung.....	159
9.2	Ausblick und weiterer Forschungsbedarf	161
10	Anhang.....	163
10.1	Prüfkriterien für Kombinations-EFM	163
10.2	Bewertung von EFMB	164
10.3	Anlagensteckbrief	165
10.4	Studienarbeiten.....	166
11	Literaturverzeichnis	169