

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Formelzeichen

V

Abkürzungsverzeichnis

VII

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation im Kontext der Energiewirtschaft	1
1.2	Energiemanagement in Unternehmen	3
2	Grundlagen	5
2.1	Kapitelüberblick	5
2.2	Grundlagen spanender Werkzeugmaschinen	5
2.2.1	Anforderungen	5
2.2.2	Elektrische Energieaufnahme	6
2.3	Elektrische Energieversorgung industrieller Endkunden . . .	8
2.3.1	Energiebedarf von Industrieunternehmen	8
2.3.2	Rahmenbedingungen der Energieversorgung	9
2.3.3	Technische und rechtliche Aspekte der Eigenversorgung aus erneuerbaren Energiequellen	13
2.4	Zusammenfassung	18
3	Stand der Wissenschaft und Technik	19
3.1	Kapitelüberblick	19
3.2	Abgrenzung der Energieeffizienz von der -flexibilität	19
3.3	Energieflexibilität in der Produktion	19
3.4	Potenzialabschätzung und Bewertung der Energieflexibilität	21
3.4.1	Strategische Potenzialabschätzung	22
3.4.2	Bewertungsansätze	23
3.5	Energieflexibilität in der operativen Planung	26
3.6	Umsetzung und Steuerung der kurzfristigen Energieflexibilität	29
3.7	Zusammenfassung und Handlungsbedarf	33
4	Zielsetzung und Vorgehensweise	35
4.1	Ziel der Arbeit	35
4.2	Vorgehensweise	36

I

5	Anforderungen an den energieflexiblen Betrieb	39
5.1	Kapitelüberblick	39
5.2	Spannungsfeld der Zielgrößen	39
5.3	Gegenüberstellung der Zielsysteme	42
5.3.1	Dimensionen der Energieflexibilität	43
5.3.2	Identifikation der Wechselwirkungen	44
5.3.3	Ableitung der speziellen Anforderungen	47
5.4	Zusammenfassung	48
6	Methodik zur Identifikation und Bewertung der Energieflexibilität	49
6.1	Kapitelüberblick	49
6.2	Voruntersuchung zur Energieflexibilität spanender Werkzeugmaschinen	50
6.3	Energieflexibilitätsstrategie für spanende Werkzeugmaschinen	52
6.3.1	Energieflexibler Betrieb auf Komponentenebene . . .	52
6.3.2	Gegenüberstellung mit Alternativstrategien für spanende Werkzeugmaschinen	54
6.3.3	Betrachtung der Anforderungserfüllung	56
6.4	Methode zur Identifikation geeigneter Maschinenkomponenten	58
6.4.1	Eingrenzung des Suchraums	58
6.4.2	Definition der Bewertungsparameter	62
6.4.3	Ableitung der Energie-Prozess-Unabhängigkeit	66
6.5	Methode zur Quantifizierung des Energieflexibilitätspotenzials	67
6.5.1	Modellvorstellung	68
6.5.2	Kennzahlensystem zur Quantifizierung des Energieflexibilitätspotenzials	71
6.6	Zusammenfassung	74
7	Anwendung und Übertragung auf Alternativstrategien	75
7.1	Kapitelüberblick	75
7.2	Anwendung der Methodik	75
7.2.1	Maschinenauswahl und Szenarienbeschreibung	75
7.2.2	Eingrenzung des Suchraums an geeigneten Subsystemen	76
7.2.3	Ermittlung der Energie-Prozess-Unabhängigkeit . . .	78
7.2.4	Quantifizierung des Energieflexibilitätspotenzials . . .	81
7.3	Validierung des Quantifizierungsmodells	85
7.3.1	Umbaumaßnahmen an den Subsystemen	85
7.3.2	Versuchsdurchführung und Auswertung	89
7.4	Bewertung alternativer Energieflexibilitätsstrategien	95
7.4.1	Auswahl der Alternativstrategien und Beschreibung der beispielhaften Fertigungsinsel	96
7.4.2	Übertragung des Quantifizierungsmodells	101

7.4.3	Ergebnisdarstellung	102
7.5	Zusammenfassung	107
8	Fallstudie mit wirtschaftlicher Betrachtung	109
8.1	Kapitelüberblick	109
8.2	Ableitung einer geeigneten Zielanwendung	109
8.2.1	Bewertung möglicher Zielanwendungen	109
8.2.2	Detaillierung der Zielanwendung	110
8.3	Durchführung der Fallstudie	115
8.3.1	Erfassung der Datenbasis	115
8.3.2	Erweiterung der Fertigungsinsel	119
8.3.3	Erläuterung des Simulationsmodells	119
8.4	Ergebnisse der Fallstudie	121
8.4.1	Technische Betrachtung	121
8.4.2	Monetäre Betrachtung	124
8.4.3	Wirtschaftliche Würdigung	125
8.5	Zusammenfassung und Fazit	126
9	Zusammenfassung und Ausblick	127
9.1	Zusammenfassung	127
9.2	Ausblick	129
	Literaturverzeichnis	131
A	Anhang	147