

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 |