

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Ausgangssituation und Motivation der Arbeit | 1 |
| 1.2 | Ableitung der Forschungsfrage und Aufbau der Arbeit | 5 |
| 2 | Planung und Betrieb energieeffizienter Komponentenproduktionen | 11 |
| 2.1 | Grundlagen der automobilen Komponentenproduktion | 11 |
| 2.2 | Methoden und Werkzeuge für Planung und Betrieb der Komponentenproduktion | 15 |
| 2.2.1 | Planungsprozess in der Automobilproduktion | 16 |
| 2.2.2 | Einordnung vorhandener Softwaresysteme und erfasster Produktionsdaten im Betrieb der Produktion | 24 |
| 2.3 | Entwicklungen von Cyber-physischen Systemen und Industrie 4.0 | 28 |
| 2.3.1 | Grundlagen der Industrie 4.0 und Cyber-physischer Produktionssysteme | 29 |
| 2.3.2 | Umsetzungskonzepte in der industriellen Praxis | 33 |
| 2.4 | Energieeffizienz in der Komponentenproduktion | 37 |
| 2.4.1 | Energie- und Medienbedarfe in der Komponentenproduktion | 38 |
| 2.4.2 | Messung des Energiebedarfs in der Produktion | 43 |
| 2.4.3 | Energiemanagementsysteme und Energiedatenerfassungssysteme | 45 |
| 2.4.4 | Methoden und Kennzahlen zur Bewertung der Energieeffizienz | 48 |
| 2.4.5 | Einfluss der Planung auf die Energieeffizienz | 52 |

| | |
|---|-----------|
| 3 Bestehende Ansätze zur Nutzung cyber-physischer Produktionssysteme zur Steigerung der Energieeffizienz | 61 |
| 3.1 Definition von Bewertungskriterien für vorhandene Ansätze | 61 |
| 3.2 Identifikation relevanter Forschungsansätze | 66 |
| 3.3 Ansätze zur Planung energieeffizienter Fabriken | 69 |
| 3.4 Ansätze zur Datendurchgängigkeit zwischen Betrieb und Planung | 72 |
| 3.5 Ansätze zur Erfassung und Aufbereitung von Energiedaten | 74 |
| 3.6 Ableitung des Handlungsbedarfs | 76 |
| 4 Konzept zu cyber-physischen Produktionssystemen für die energieeffiziente Komponentenproduktion | 83 |
| 4.1 Anforderungen an die Konzeptentwicklung | 83 |
| 4.1.1 Anforderungen in der Planung | 84 |
| 4.1.2 Anforderungen zur Datenerfassung in der Fertigung und Bereitstellung für die Planung | 86 |
| 4.1.3 Zusammenfassung der Anforderungen an cyber-physische Produktionssysteme für die energieeffiziente Komponentenproduktion | 88 |
| 4.2 Bezugsrahmen für ein cyber-physisches Produktionssystem für die energieeffiziente Komponentenproduktion | 90 |
| 4.3 Modul I: Datenmodellierung | 93 |
| 4.3.1 Konzept zur durchgängigen Datenmodellierung | 94 |
| 4.3.2 Auswahl der genutzten Standards zur Datenmodellierung | 96 |
| 4.3.3 Nutzung von AutomationML im Rahmen der Fabrikplanung | 102 |
| 4.3.4 Realisierung der Verwaltungsschale unter Nutzung von AutomationML und OPC UA | 105 |
| 4.4 Modul II: Datenaufbereitung | 108 |
| 4.4.1 Konzept zur Umsetzung der Datenaufbereitung | 109 |
| 4.4.2 Korrelation Maschinen- und Energiedaten | 117 |
| 4.4.3 Entwicklung einer Methode zur statistischen Energiedatenanalyse | 123 |
| 4.4.4 Erweiterung und Validierung der statistischen Energiedatenanalyse | 133 |
| 4.4.5 Erweiterungspotenziale der statistischen Energiedatenanalyse | 140 |
| 4.5 Modul III: Technologieanalyse | 142 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4.5.1 | Konzept zur Umsetzung der Technologieanalyse | 142 |
| 4.5.2 | Konzept zum Aufbau einer Energiedatenbank | 144 |
| 4.5.3 | Konzept zur Identifikation von Einsparpotenzialen | 149 |
| 4.6 | Modul IV: Einbindung von Energieeffizienz-Planungswerkzeugen | 154 |
| 5 | Prototypische Umsetzung und exemplarische Anwendung in der automobilen Komponentenproduktion | 163 |
| 5.1 | Beschreibung des Anwendungsfalls und der vorliegenden Datenbasis | 164 |
| 5.2 | Technische Umsetzung der Datenmodellierung | 165 |
| 5.2.1 | Modellierung des Produktionssystems in der Planung ... | 165 |
| 5.2.2 | Inbetriebnahme und automatisierte Parametrierung der Datenerfassungssysteme | 171 |
| 5.2.3 | Integration der Energiedaten in Planungsdatenmodelle | 176 |
| 5.3 | Technische Umsetzung der Datenaufbereitung | 177 |
| 5.3.1 | Technische Umsetzung der Korrelation von Maschinen- und Energiedaten | 178 |
| 5.3.2 | Technische Umsetzung der statistischen Energiedatenanalyse | 179 |
| 5.4 | Technische Umsetzung der Technologieanalyse | 183 |
| 5.4.1 | Technische Umsetzung der Energiedatenbank | 184 |
| 5.4.2 | Umsetzung der Analysefunktionen | 186 |
| 5.5 | Anwendung in der mechanischen Bearbeitung von Kurbelwellen | 191 |
| 5.5.1 | Einsatz in der Planung | 192 |
| 5.5.2 | Ermittlung von Einsparpotenzialen | 196 |
| 6 | Zusammenfassung, Konzeptbewertung und Ausblick | 201 |
| 6.1 | Zusammenfassung und Konzeptbewertung | 201 |
| 6.2 | Ausblick | 205 |