

Optimale Betriebsplanung industrieller Energieversorgungssysteme

Stephan Wilhelm Illerhaus

Zur ausreichenden, zuverlässigen und preiswerten Versorgung der Produktionsprozesse ihrer industriellen Kunden verfügen industrielle Energieversorgungssysteme (IEVS) sowohl über Primär- und Sekundärenergiebezugsverträge als auch Eigenerzeugungsanlagen und Verteilnetze. Als zunehmend eigenständig wirtschaftende Unternehmen bzw. Unternehmensbereiche müssen sich IEVS im Wettbewerb auf dem liberalisierten Energiemarkt für elektrische Energie und Erdgas gegenüber anderen Energieversorgungsunternehmen bei der Versorgung ihrer Kunden behaupten. Infolgedessen sind die Betreiber von IEVS verstärkt auf vorausschauende Betriebsplanungen angewiesen, um innerhalb des kurzfristigen Planungszeitraums von einigen Stunden bis zu einigen Tagen den wirtschaftlich optimalen Einsatz der Eigenerzeugungsanlagen sowie aller Energiebezüge und -lieferungen zu bestimmen. Das sich aus dieser Aufgabenstellung ergebende Optimierungsziel besteht in der Maximierung der über den gesamten Planungszeitraum erzielbaren Deckungsbeiträge.

Im Gegensatz zu öffentlichen Energieversorgungssystemen sind die Anforderungen an den Betrieb von IEVS geprägt durch die Vielzahl der bereitzustellenden Energieträger (z. B. elektrische Energie, Prozessdampf, Heißwasser, Druckluft, Spezialgase usw.) und den dazu verfügbaren Eigenerzeugungsanlagen. Gleichzeitig fallen teilweise Abfallstoffe und Abwärme aus der industriellen Produktion an, deren Verbrennung bzw. thermische Verwertung innerhalb des IEVS sicherzustellen ist. Durch industrielles Lastmanagement kann der Leistungsbedarf ausgewählter Produktionsprozesse zusätzlich in Grenzen verändert und als potenzieller Freiheitsgrad genutzt werden. Infolge der Liberalisierung des Elektrizitäts- und Erdgasmarktes bieten sich den Betreibern von IEVS durch die Eigenerzeugungsanlagen darüber hinaus die Möglichkeit des täglichen börslichen oder bilateralen Energiehandels als unabhängige Erzeuger (IPP) sowie neue Formen energiewirtschaftlicher Verbundlösungen durch den Zugang zu den Übertragungsnetzen. Bedingt durch diese Komplexität des Planungsproblems und die Vielzahl der zu berücksichtigenden Randbedingungen ist die Betriebsplanungsaufgabe für IEVS nur durch rechnergestützte Optimierungsverfahren zufriedenstellend lösbar.

Das im Rahmen dieser Arbeit erstellte Programmsystem formuliert anhand der gegebenen Daten des IEVS das sich aus der Betriebsplanungsaufgabe ergebende mathematische Optimierungsproblem, dessen Lösung anschließend mittels der dazu entwickelten Dynamischen Suchstrategie (DSS) auf Grundlage der Gemischt-Ganzzahlig Linearen Programmierung berechnet wird. Durch die entwickelten Modelle zur Berücksichtigung des kurzfristigen Energiehandels, der detaillierten Beschreibung der Eigenerzeugungsanlagen, des industriellen Lastmanagements sowie der Übertragungs- und Verteilnetze ist eine geschlossene Lösung des Planungsproblems an Stelle bislang getrennt betrachteter Teilaufgaben möglich. Während bisherige Lösungsansätze auf zusätzliche Koordinierungsverfahren angewiesen waren, um trotz des begrenzten kurzfristigen Planungszeitraums auch die Einhaltung mittelfristiger Nebenbedingungen sicherzustellen, vermag die vorgestellte implizit koordinierende Einsatzplanung diese Problemstellung unter Verzicht auf externe Verfahren geschlossen zu lösen.

Anhand von Optimierungsrechnungen für unterschiedliche IEVS konnte die Funktionsfähigkeit des entwickelten Verfahrens nachgewiesen werden. Zusammenfassend ergaben die Untersuchungen, dass sich sowohl durch die Einbeziehung des Energiehandels als auch des Lastmanagements in die Betriebsplanung von IEVS wirtschaftliche Vorteile in deutlicher Höhe ergeben können. In weiteren Untersuchungen der implizit koordinierenden Einsatzplanung ergaben Vergleichsrechnungen mit einem Referenzverfahren, dass die implizit koordinierende Einsatzplanung aufgrund ihres geschlossenen Lösungsansatzes auch mittelfristig tatsächlich zu einem besseren Gesamtzielfunktionswert führt. Dabei konnte die zur Lösung der Optimierungsprobleme eingesetzte DSS durch die erzielten Rechenzeiten ihre Leistungsfähigkeit unter Beweis stellen.