

Kapitel 7

Resümee

Das mehrstufige Losgrößenproblem mit beschränkten Ressourcen ist eine Abstraktion von Entscheidungssituationen, wie sie vielfach in der betrieblichen Praxis anzutreffen sind. Immer dann, wenn von einem Produkt zu verschiedenen Zeitpunkten unterschiedliche Mengen nachgefragt werden, muss entschieden werden, wann diese Mengen in welchen Losgrößen produziert werden sollen. Entscheidungsrelevant sind dabei zumeist Rüst-, Lager- und Produktionskosten. Die Bestimmung der Losgrößen muss für die in die Endprodukte eingehenden Vorprodukte simultan erfolgen, will man die Gesamtkosten minimieren. Konkurrieren die zu produzierenden Produkte um beschränkte Ressourcen, müssen die Losgrößen schon deshalb gleichzeitig geplant werden, um einen zulässigen Produktionsplan zu erhalten. Da die Materialbedarfe und Kapazitätsbelegungen sich aus der Losgrößenplanung ergeben, ist die Bestimmung der Losgrößen die hauptsächliche dispositive Aufgabe bei der operativen Produktionsplanung.

Durch die kombinatorische Struktur ist für das mehrstufige Losgrößenproblem mit beschränkten Ressourcen kein exakter Lösungsalgorithmus bekannt, der im Allgemeinen das Problem in endlicher Lösungsdauer optimal löst. Unter Berücksichtigung von Rüstzeiten ist selbst das Auffinden einer zulässigen Lösung ein schwieriges Problem. Deshalb wurden mehrstufige Losgrößenprobleme lange Zeit durch einfache Losregeln für einstufige Losgrößenprobleme im Dispositionsstufenverfahren unter Vernachlässigung der beschränkten Ressourcen gelöst. Die Ergebnisse dieses als MRP bekannten Lösungsansatzes waren häufig durch zu hohe Rüst- und Lagerkosten oder gar durch unzulässige Produktionspläne gekennzeichnet, da die Ressourcenbeschränkung bei der Losgrößenplanung nicht im angemessenen Umfang berücksichtigt wurde. Auf Grund seiner Relevanz für die betriebliche Praxis ist das mehrstufige Losgrößenproblem Gegenstand intensiver betriebswirtschaftlicher Forschung, wodurch in den letzten Jahren Heuristiken entwickelt wurden, mit denen man mehrstufige Losgrößenprobleme befriedigend lösen kann. Zudem wurden

durch die Ableitung von zusätzlichen Ungleichungen die exakten Verfahren soweit verbessert, dass Problemgrößen, die noch vor Jahren als unlösbar galten, heute exakt gelöst werden können. Dies ist auch auf die Weiterentwicklung der vorhandenen Optimierungssoftware und die immer größer werdende Rechenleistung zurückzuführen.

Vor diesem Hintergrund wurde in der vorliegenden Arbeit ein heuristisches Dekompositionsverfahren für das mehrstufige Losgrößenproblem mit beschränkten Ressourcen entwickelt. Das gesamte Problem wird dabei in Teilprobleme zerlegt, die, sukzessiv gelöst, eine Lösung für das mehrstufige Losgrößenproblem mit beschränkten Ressourcen erzeugen. In jedem Teilproblem werden dabei die Rüst- und Lagerkosten simultan berücksichtigt, wenn auch für manche Perioden und Produkte nicht vollständig. Für Probleme ohne Rüstzeiten ist die Zulässigkeit der Gesamtlösung in jedem Teilproblem gesichert. Für Probleme mit Rüstzeiten wird mit diesem Verfahren nicht notwendigerweise ein zulässiger Produktionsplan gefunden.

Zur Verbesserung der Approximation des Gesamtproblems durch die Teilprobleme können zusätzliche Ungleichungen den Teilproblemen hinzugefügt werden, wodurch sich eine Vielzahl von Varianten für die Heuristik ergibt. Einige wurden an Hand von umfangreichen Testdaten untersucht. Die Varianten der Heuristik wurden sowohl für Testprobleme mit als auch für Testprobleme ohne Rüstzeiten untersucht.

Für 12 Testdaten, für die optimale Lösungen berechnet wurden, konnte mit der Heuristik mit Zusatzungleichungen für 9 Testprobleme die optimale Lösung gefunden werden. Für 2 Testprobleme lag die Abweichung unter 1%. Lediglich für ein Testproblem wich die beste gefundene Lösung um 4% vom Optimum ab.

Testprobleme mit besten bekannten Lösungen wurden im größeren Umfang untersucht. Insgesamt wurden 246 Testprobleme ohne Rüstzeiten und 386 Testprobleme mit Rüstzeiten betrachtet. Für die Testprobleme ohne Rüstzeiten ließen sich durch die berechneten Varianten für 145 Testprobleme neue beste Lösungen ohne Überstunden finden. Bei den Testproblemen mit Rüstzeiten waren dies 283. Zwei Testprobleme mit Rüstzeiten, für die bisher keine zulässige Lösung bekannt waren, konnten ohne Überstunden gelöst werden.

Es zeigte sich in der Untersuchung, dass die Lösungen im Mittel um so besser werden, je größer das ganzzahlige Zeitfenster gewählt wird. Bei Problemen mit Rüstzeiten erwies sich eine Berücksichtigung der Unterschätzung der Rüstzeiten in den relaxierten Perioden sowohl für die Zulässigkeit, als auch für die Güte der Lösung als hilfreich. Für fast alle Testprobleme sind Verfahrensvarianten mit den sogenannten (I,S)-Ungleichungen oder mit MIR-Ungleichungen besonders vorteilhaft. Mit den besten Varianten lag eine mittlere relative Abweichung der gefundenen von den besten bekannten Lösungen für die untersuchten Testproblemgruppen zwischen

1,1% und keiner Abweichung. Für Probleme ohne Rüstzeiten wurden immer zulässige Lösungen gefunden. Bei Problemen mit Rüstzeiten konnten durch diese Varianten alle Probleme, für die zulässige Lösungen bekannt sind, zulässig gelöst werden.

Zudem wurde der Einfluss von zusätzlichen Ungleichungen auf die Berechnung von unteren Schranken durch das Lösen von LP-Relaxationen untersucht. In der Literatur wird zur Berechnung von unteren Schranken häufig eine Formulierung für das mehrstufige Losgrößenproblem verwendet, welche sich an das Standortplanungsproblem (Simple-Plant-Location-Problem) anlehnt. Diese Formulierung führt zu wesentlich höheren Untergrenzen als die LP-Relaxation der Standardformulierung. Die Lösungsdauer ist aber um ein Vielfaches höher als bei der LP-Relaxation der Standardformulierung. Fügt man der LP-Relaxation der Standardformulierung Ungleichungen hinzu, ist es teilweise möglich eine bessere Lösung als mit der LP-Relaxation der Standortformulierung zu erzielen, wobei die Lösungsdauer wesentlich geringer ist. Die besten unteren Schranken erhält man allerdings, wenn man der LP-Relaxation der Standortformulierung zusätzliche Ungleichungen hinzufügt. Die bekannten Untergrenzen für die Testprobleme mit bester bekannter Lösung ließen sich dadurch soweit verbessert werden, dass bei einer Testproblemgruppe der mittlere Abstand zwischen bester gefundener Lösung und bester bekannter Untergrenze im Durchschnitt von 22% auf 15% gesenkt werden konnte.

Durch die Berechnungen hat sich die Leistungsfähigkeit des heuristischen Dekompositionsverfahrens zur Lösung von mehrstufigen kapazitätsbeschränkten Losgrößenproblemen gezeigt. Die Ergebnisse legen nahe, dass mit dem beschriebenen Verfahren sehr gute Lösungen gefunden werden können, wobei trotz verbesserter unterer Schranken noch ein mittleres theoretisches Verbesserungspotential von bis zu 15% für einige Testproblemgruppen existiert.