

## Geleitwort

Probleme des Scheduling bilden ein klassisches Forschungsgebiet des Operations Research. In ihrem Mittelpunkt geht es dabei darum, eine Menge von Aufträgen, die jeweils auf den Einheiten eines Produktionssystems (Produktionsanlagen, Maschinen, Arbeitsplätze, Produktionsstufen) zu bearbeiten sind, so durch das Produktionssystem zu schleusen, daß eine gegebene, an Durchlaufzeiten, Kapazitätsauslastung oder Termintreue orientierte Zielsetzung möglichst gut erreicht wird. Die wissenschaftliche Literatur, die sich derartigen Fragestellungen widmet, wächst mit erstaunlicher Geschwindigkeit und läßt sich kaum noch vollständig überblicken. Es fällt aber auf, daß den Rüstvorgängen, die beim Übergang von der Bearbeitung eines Auftrags zur Bearbeitung eines anderen Auftrags anfallen, nur vergleichsweise wenig Beachtung geschenkt wird. Das gilt insbesondere für Rüstvorgänge, deren Ausführungszeiten und -kosten von der Reihenfolge abhängen, in der die Aufträge bearbeitet werden. Die Vernachlässigung solcher reihenfolgeabhängigen Rüstzeiten und -kosten ist aus betriebswirtschaftlicher Sicht außerordentlich bedenklich, wird damit doch ein möglicherweise wesentlicher Teil der erfolgswirksamen Konsequenzen des Scheduling systematisch außer acht gelassen.

Dieser Aspekt bildet den Anknüpfungspunkt der vorliegenden Arbeit. Der Verfasser betrachtet ein spezielles Produktionssystem, das aus mehreren identischen, auf einer einzigen Produktionsstufe angeordneten Maschinen (Prozessoren) besteht. Über diese Maschinen ist eine Menge von Aufträgen mit gegebenen Bearbeitungszeiten zu leiten, deren Rüstzeiten von der Reihenfolge abhängen, in denen die Aufträge ausgeführt werden. Gesucht ist eine Reihenfolge der Aufträge, welche die Zykluszeit (Schedule-Länge, Makespan) minimiert, d. h. die Zeit, die zwischen dem Augenblick vergeht, zu dem der erste Auftrag auf der ersten Maschine in die Bearbeitung genommen wird, bis zu dem Zeitpunkt, zu dem der letzte Auftrag auf der letzten Maschine fertig gestellt ist. Ablaufplanungsprobleme der Praxis, die diesem sog. Multiprocessor Scheduling-Problem entsprechen, treten etwa in der Glasindustrie bei der Herstellung von Flaschen und Gläsern, in der chemischen Industrie bei der Produktion von Lacken, in der Textilindustrie beim Weben von Stoffen, in der Getränkeindustrie beim Abfüllen von Getränken usw. auf.

Der Verfasser erweitert den „Stand der Technik“ in bezug auf das untersuchte Problem in mehreren zentralen Punkten. Dazu beschreibt und klassifiziert er zunächst die in der Praxis anzutreffenden bzw. die in der Literatur beschriebenen Rüstvorgänge. Auf dieser Grundlage entwickelt er einen Problemgenerator, mit dessen Hilfe sich für die später durchgeführten Rechenexperimente Probleminstanzen mit gewissen, wünschenswerten Eigenschaften generieren lassen.

Im Mittelpunkt der Arbeit steht dann die Entwicklung von Lösungsverfahren für das Multiprocessor Scheduling-Problem mit reihenfolgeabhängigen Rüstzeiten. Dieses Problem ist NP-schwer, da es das – als NP-schweres Problem bekannte – Traveling Salesman-Problem als Spezialfall enthält. Konsequenterweise konzentriert sich der Verfasser dementsprechend auf die Entwicklung heuristischer Lösungsverfahren. Zunächst werden die in der Literatur veröffentlichten Eröffnungsverfahren beschrieben und analysiert. Der Autor kann damit nicht nur den Entwicklungsstand in bezug auf diese Methodenklasse herausarbeiten, vielmehr gelingt es ihm auch, vielfältige Ansatzpunkte für eine Weiterentwicklung der Verfahren zu identifizieren, die später in einen Vorschlag für ein Composite-Verfahren einmünden. In Hinblick auf Verbesserungsverfahren gilt das Interesse des Verfassers vor allem dem Einsatz moderner Local Search-Ansätze. Er entwickelt und analysiert verschiedene Möglichkeiten, Nachbarschaften zu definieren, und zeigt – exemplarisch für andere Meta-Heuristiken – an den Methoden Simulated Annealing und Threshold Accepting auf, wie sich diese Nachbarschaften in solche Methoden integrieren lassen. Diese eigenen Implementierungen werden schließlich einem in der Literatur beschriebenen Tabu Search-Ansatz gegenüber gestellt. Ergänzt wird der methodische Teil durch die Herleitung neuer, verbesserter Lower Bounds, mit deren Hilfe sich vor allem die Lösungsgüte der untersuchten Verfahren besser abschätzen läßt.

Eröffnungs- und Verbesserungsverfahren sowie die entwickelten Lower Bounds unterwirft der Verfasser umfangreichen Rechentests. Besonders hervorzuheben ist hier die Systematik und die Sorgfalt des Vorgehens beim Aufbau und der Durchführung der Experimente. Vorbildlich ist die Dokumentation von Grundlagen und Ergebnissen der Tests. Die Anwendung der Verfahren auf die mit dem Problemgenerator erzeugten Probleminstanzen macht recht gut die Vorzüge der neu entwickelten Verfahren und den Stand der Technik deutlich, zeigt aber auch ihre Grenzen und weiteren Forschungsbedarf auf.

Die vorliegende Arbeit stellt damit nicht nur eine Bereicherung in methodischer Hinsicht dar, sondern arbeitet auch grundsätzlich den Stand der Technik auf dem Gebiet des Multiprocessor Scheduling mit reihenfolgeabhängigen Rüstzeiten heraus. Ihr sei entsprechend unter allen denjenigen, die in Wissenschaft und Praxis mit diesem Gebiet arbeiten, eine weite Verbreitung gewünscht.

Magdeburg, im Oktober 2004

Prof. Dr. Gerhard Wäscher