



Entwicklung eines Scheduling-Verfahrens zur Optimierung der Reihenfolge von Prototypentests

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Science (M.Sc.)“ im
Masterstudiengang Wirtschaftswissenschaft der Wirtschaftswissenschaftlichen
Fakultät der Leibniz Universität Hannover

vorgelegt von

Name:

Maske

Vorname:

Mathias



Prüfer:

Prof. Dr. Michael H. Breitner

Hannover, den 28.12.2012

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis.....	III
1. Einleitung.....	1
2. Problem- und Aufgabenstellung.....	3
2.1 Analyse und Beschreibung des Planungsproblems.....	3
2.2 Problemlösungszyklus.....	6
3. Reihenfolgeplanung von Prototypentests auf Basis des RCPSP.....	8
3.1 Das Resource-Constrained Project Scheduling Problem (RCPSP).....	8
3.2 Erweiterungen des RCPSP.....	12
3.3 Modelle zur Optimierung der Reihenfolge von Prototypentests.....	17
3.4 Datenbeschaffung.....	30
4. Problemreduktion.....	35
4.1 Eine obere Schranke für den Planungshorizont.....	35
4.2 Dekomposition.....	37
4.3 Aggregation von Tests.....	40
4.4 Aggregation von Topologien.....	47
5. Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungssystems.....	50
5.1 Softwareumgebung.....	50
5.2 Darstellung des Anwendungssystems.....	52
5.3 Experimentelle Performanceanalyse.....	61
6. Schlussbetrachtung.....	65
6.1 Kritische Würdigung.....	65
6.2 Fazit und Ausblick.....	68
Literaturverzeichnis.....	69
Anhang A.....	74
Anhang B.....	83
Anhang C.....	93
Anhang D.....	102
Anhang E.....	113
Anhang F.....	121
Erklärung.....	131

*„Gegenüber der Fähigkeit, die Arbeit eines einzigen Tages sinnvoll zu ordnen,
ist alles andere im Leben ein Kinderspiel.“*

*Johann Wolfgang von Goethe,
Deutscher Schriftsteller, 1749 - 1832*

1. Einleitung

Die optimale Planung komplexer Projekte stellt in der betriebswirtschaftlichen Praxis einen der entscheidenden Erfolgsfaktoren für ein Projekt dar. Dabei sind je nach praktischer Problemstellung eine Vielzahl aufgabenspezifischer und aus der Umwelt begrenzter Restriktionen zu berücksichtigen. Wirtschaftliche Lösungen aus der manuellen Planung derartig komplexer Aufgaben sind zumeist nur schwer zu realisieren. Unter Zuhilfenahme eines IT-gestützten Planungsprozesses mit modernen Methoden des Operations Research, sollen mittels automatisierter Planung wirtschaftliche Lösungen ermittelt werden.

In dieser Arbeit wird ein praktisches Planungsproblem für die Optimierung der Reihenfolge von Prototypentests behandelt. Dabei wird die zentrale Frage gestellt, ob „es möglich ist, unter Zuhilfenahme des kommerziellen Solvers CPLEX, ein Entscheidungsunterstützungssystem zu entwickeln, welches die optimale Reihenfolgeplanung von Prototypentests automatisiert durchführt?“ Des Weiteren ist zu untersuchen, „ob ein derartiges Entscheidungsunterstützungssystem hinreichende Performanz hat, sodass es für die Reihenfolgeplanung von Prototypentests in der Praxis eingesetzt werden kann?“

Um diese Fragen beantworten zu können, wird zunächst das Planungsproblem der Reihenfolgeplanung von Prototypentests, im speziellen Anwendungsfall der Firma KEYMILE, auf Basis der Arbeit von (Rickenberg, 2010) kurz verbal beschrieben. Eine detaillierte Analyse des Problems ist der vorhergehenden Arbeit zu entnehmen. Folgend wird eine Einordnung des Problems in die Klasse der Resource-Constrained Scheduling Probleme (RCPSP) vorgenommen. Das Grundmodell des RCPSP wird verbal und formal beschrieben und ein Klassifikationschema für RCPSP sowie Erweiterungen aus der Literatur werden vorgestellt. Auf Basis der vorgestellten Standardmodelle werden im folgenden Abschnitt zwei Mo-

dellformulierungen für die Reihenfolgeplanung von Prototypentests entwickelt und vorgestellt. Die formulierten Modelle werden mittels der Modellierungssoftware GAMS implementiert und in ein Entscheidungsunterstützungssystem eingebettet. Aufgrund der Komplexität des Problems werden Methoden zur Problemreduktion entwickelt, vorgestellt und implementiert, sodass praxisnahe Probleminstanzen mittels des Entscheidungsunterstützungssystems optimiert werden können. Anhand einer experimentellen Performanceanalyse werden Laufzeit und Ressourcenverbrauch für die Optimierung von realen Problemen analysiert. Den Schlussteil der Arbeit bildet dabei eine kritische Würdigung des entwickelten Entscheidungsunterstützungssystems sowie Fazit und Ausblick.

6.2 Fazit und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit wurde auf Basis des Problems der Arbeit von (Rickenberg, 2010) ein Entscheidungsunterstützungssystem zur Reihenfolgeplanung von Prototypentests entwickelt. Rickenberg hat dabei das konkrete Problem der Firma KEYMILE erstmalig untersucht und folgend ein System entwickelt, welches mit heuristischen Methoden Lösungen erzeugt. Dabei liegt der Fokus dieser Arbeit darauf, ein System zu entwickeln, welches mittels des kommerziellen Solvers CPLEX in der Lage ist, optimale Lösungen für das untersuchte Problem zu liefern. Weiter wurde im Vergleich zur vorherigen Implementierung, die Berücksichtigung von Ressourcenbeschränkungen und der damit verbundenen Bildung von Topologien auf dynamischer Basis eingeführt, damit für die Praxis zulässige Ablaufpläne ermittelt werden. So wurde zunächst das Planungsproblem analysiert und zwei mathematische Modelle formuliert, welche das reale Planungsproblem in einem mathematischen Modell abbilden. Dabei wurde der Fokus des einen Modells vor Allem auf die Berücksichtigung reihenfolgeabhängiger Rüstvorgänge unter einem verkürzten Zeithorizont gesetzt, wobei ein zweites Modell Rüstvorgänge deterministisch vor jedem Test bzw. Testpaket voraussetzt, dabei aber volle Tage berücksichtigt. Im Folgenden wurden diese formalen Modelle in der Modellierungssoftware GAMS implementiert. Mittels der Programmiersprache Ruby wurde ein Applikation entwickelt, welche die problemspezifischen Daten verarbeitet oder generiert, die Optimierung mittels dem Solver CPLEX anstößt und eine Lösung in Form eines PDF Dokuments ausgibt. Die Applikation wird dabei über eine mittels FXRuby implementierte GUI gesteuert. Somit wurde bezugnehmend auf die am Anfang dieser Arbeit aufgestellte erste Forschungsfrage dargestellt, wie eine mögliche Implementierung eines Entscheidungsunterstützungssystems zur optimalen Planung von Prototypentests aufgebaut sein kann.

Eine experimentelle Performanceanalyse hat gezeigt, dass auch unter Anwendung von Maßnahmen zur Problemreduktion, optimale Lösungen für praktische Probleminstanzen in angemessener Zeit und mit angemessenem Ressourcenverbrauch nur bedingt ermittelt werden können. So sollten in weiteren Arbeiten zu diesem Thema heuristische Lösungsverfahren entwickelt werden, die eine möglichst gute Lösung für das Planungsproblem ermitteln.