

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	1
1.1	Gegenstand der Arbeit	1
1.2	Aufbau der Arbeit	4
<b>2</b>	<b>Planung von Projekten mit erweiterbaren Ressourcen und von der Projektdauer abhängigen Erlösen</b>	7
2.1	Planung des Ablaufs ressourcenbeschränkter Projekte	7
2.2	Verschiedene Zielstellungen	10
2.2.1	Minimierung der Projektdauer	10
2.2.2	Minimierung der Nutzung von Zusatzkapazitäten	11
2.2.3	Simultane Minimierung der Projektdauer und Zusatzkapazitätsnutzung	16
2.2.3.1	Beschreibung und Abgrenzung von verwandten Problemen	16
2.2.3.2	Trade-off zwischen Projektdauer- und Zusatzkapazitätsminimierung	18
2.3	Anwendungsbeispiele für erweiterbare Kapazitäten und projektdauerabhängige Erlöse	25
2.3.1	Ergänzung des Personals durch flexibel einsetzbare Leiharbeiter	25
2.3.2	Dynamische Anmietung von Servern und Produktionsmaschinen	30
2.3.3	Mieten von Traktoren und Mähdreschern in der Landwirtschaft	33
2.3.4	Handwerker und Baumaschinen in Bauvorhaben	35
2.3.5	Diverse weitere Anwendungsgebiete	37
2.4	Einordnung und Klassifikation ressourcenbeschränkter Projektplanungsprobleme	41

---

2.4.1	Eigenschaften der Arbeitsgänge . . . . .	41
2.4.2	Eigenschaften der Ressourcen . . . . .	43
2.4.3	Verschiedene Zielstellungen . . . . .	45
2.4.4	Simultane Berücksichtigung mehrerer Zielstellungen . . . . .	46
2.4.5	Unsichere und unscharfe Information . . . . .	47
2.4.6	Diverse weitere Varianten der Projektplanung . . . . .	47
2.4.7	Detaillierte Abgrenzung verwandter Probleme . . . . .	48
2.5	Überblick über Lösungsverfahren für ressourcenbeschränkte Projektplanungsprobleme . . . . .	52
2.5.1	(Meta-)heuristische Lösungsverfahren . . . . .	52
2.5.2	Exakte Lösungsverfahren . . . . .	64
<b>3</b>	<b>Formale Modellierung des ressourcenbeschränkten Projektplanungsproblems mit kostenbehafteten Zusatzkapazitäten und projektdauerabhängigen Erlösen (RCPSP-ROC)</b> . . . . .	<b>67</b>
3.1	Formale Beschreibung des RCPSP-ROC . . . . .	67
3.1.1	Modellannahmen und Notation . . . . .	67
3.1.2	Mathematische Modellformulierung . . . . .	71
3.2	Strukturelle Eigenschaften des RCPSP-ROC . . . . .	73
3.2.1	Komplexitätsanalyse . . . . .	73
3.2.2	Dekomposition der Problemstellung in Teilprobleme . . . . .	75
3.2.3	Merkmale unterschiedlicher Mengen relevanter Pläne . . . . .	78
3.2.4	Fiktive Fallstudie zum Einfluss der Instanzeigenschaften auf optimale Ablaufpläne . . . . .	85
<b>4</b>	<b>Kompakte Lösungsrepräsentationen und zugehörige Planungserzeugungsschemata für das RCPSP-ROC</b> . . . . .	<b>95</b>
4.1	Bedeutung der Wahl einer Kodierung für die Effizienz der Lösungsverfahren . . . . .	95
4.2	Grundlagen kompakter Kodierungen und zugehöriger Dekodierungsprozeduren . . . . .	102
4.2.1	Serielles Ablaufplanerzeugungsschema . . . . .	102
4.2.2	Paralleles Ablaufplanerzeugungsschema . . . . .	109
4.2.3	Verbesserungsverfahren mit Minimierung der Zusatzkapazitätskosten . . . . .	113
4.3	Indirekte Kodierungen für verschiedene Zielsetzungen . . . . .	119
4.3.1	Simultane Minimierung der Projektdauer und Zusatzkapazitätsnutzung . . . . .	119

---

4.3.1.1	Zusatzkapazitätsentscheidung durch heuristische Planvervollständigung . . . . .	119
4.3.1.2	Zusatzkapazitätsentscheidung je Arbeitsgang mit beliebiger oder keiner Nutzung . . . . .	125
4.3.1.3	Zusatzkapazitätsentscheidung je Arbeitsgang mit partieller Nutzung . . . . .	128
4.3.2	Projektdauerminimierung für feste Ressourcenprofile . . . . .	131
4.3.2.1	Einhaltung zeitunabhängiger Schranken für die Zusatzkapazität . . . . .	131
4.3.2.2	Einhaltung zeitabhängiger Schranken für die Zusatzkapazität . . . . .	133
4.3.3	Suche von gewinnmaximierenden Fristen für kostenminimale Pläne mithilfe des Verfahrens des Goldenen Schnitts . . . . .	136
<b>5</b>	<b>Heuristische Verfahren auf Basis Genetischer Algorithmen und lokaler Suchverfahren zur Lösung des RCPSP-ROC . . . . .</b>	<b>147</b>
5.1	Überblick über (Meta-)heuristische Verfahren für das RCPSP . . . . .	147
5.2	Problemspezifische Genetische Algorithmen für das RCPSP-ROC . . . . .	149
5.2.1	Grundsätzliches Konzept und Ablauf . . . . .	149
5.2.2	Erzeugung der Startpopulation . . . . .	151
5.2.3	Paarbildung und Kreuzung . . . . .	155
5.2.4	Mutation . . . . .	161
5.2.5	Fitnessberechnung und Selektion . . . . .	163
5.3	Lokalsuchprozedur auf Basis der kommerziellen Software „LocalSolver“ . . . . .	166
5.3.1	Nichtlineares Modell mit Listenvariable . . . . .	166
5.3.2	Kodierungsspezifische Modellerweiterungen . . . . .	170
5.3.3	Integration robuster Dekodierungsprozeduren . . . . .	170
<b>6</b>	<b>Numerische Analyse der Performance verschiedener Lösungsverfahren für das RCPSP-ROC . . . . .</b>	<b>173</b>
6.1	Entwurf der Problembibliothek . . . . .	173
6.1.1	Instanzengeneratoren und Problembibliotheken für das RCPSP . . . . .	173
6.1.2	Erweiterung von RCPSP-Instanzen . . . . .	175
6.1.2.1	Parameter für die Zusatzkapazitäten . . . . .	175
6.1.2.2	Spezifikation der Erlösfunktion . . . . .	176

6.2	Versuchsaufbau für die numerischen Experimente . . . . .	179
6.3	Numerische Ergebnisse . . . . .	181
6.3.1	Vergleich der Heuristiken zur Lösung kleiner Projekte mit 30 Arbeitsgängen . . . . .	181
6.3.2	Vergleich der Heuristiken zur Lösung großer Projekte mit 120 Arbeitsgängen . . . . .	191
<b>7</b>	<b>Schlussbemerkungen</b> . . . . .	197
7.1	Zusammenfassung . . . . .	197
7.2	Kritische Würdigung . . . . .	198
7.3	Ausblick . . . . .	200
	<b>Literaturverzeichnis</b> . . . . .	209