

Vorwort

Das vorliegende Lehrbuch richtet sich an Studierende der Wirtschaftswissenschaften, deren Anliegen es ist, sich ein notwendiges Maß an theoretischen Grundkenntnissen zum Phänomen *Produktion* zu erarbeiten, um diese dann gezielt auf praktische Problemstellungen anzuwenden.

Es gliedert sich in vier Kapitel. Das erste Kapitel nennt die wesentlichen Kenntnisse aus der Mathematik, auf die im vorliegenden Buch und in einem zweiten, später noch folgenden Band zurückgegriffen wird. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um Fragestellungen zu Optimierung. Insofern bildet dies die Grundlage zur Auswahl optimaler Entscheidungen im Produktionsprozess. Das zweite Kapitel behandelt im Stil einer Einführungsvorlesung die Grundlagen der *Produktion*. Dabei wird nur das aus der Sicht der Autoren Nötigste zur Produktions- und Kostentheorie geboten und dies um eine Reihe praktischer Anwendungen ergänzt. Diesem Kapitel liegt ein Skript zu einer entsprechenden Vorlesung zugrunde, das zwar überarbeitet, aber bewusst nicht erweitert wurde. Deshalb wird an vielen Stellen auf eine trotz allem geringe Auswahl an weitergehender Literatur verwiesen. In einem relativ kurzen Kapitel drei wird eine Auswahl von Produktionsplanungsmodellen geboten, die einen Einblick in die Vielfalt der möglichen Problemstellungen bei der Planung von Produktionsmengen geben soll. Dieses und das folgende Kapitel 4 richtet sich in erster Linie an Studenten, die sich vertieft mit Fragen der Produktion auseinandersetzen wollen. In diesem letzten Kapitel wird sehr ausführlich ein Überblick über Modelle und Verfahren der Fertigungssteuerung gegeben, wobei hier viele Forschungsergebnisse von Herrn Teich einfließen. Dies soll den aufmerksamen Leser dazu befähigen, für die vielfältigen Aufgaben aus der Praxis der Fertigungssteuerung einen theoretisch begründbaren Lösungsansatz zu finden. In einem zweiten Band werden ähnlich ausführlich Probleme der Beschaffung und des Supply Chain Managements bzw. der Vernetzung von Produktionsstätten behandelt.

Die Autoren danken allen Mitarbeitern der Professur Produktionswirtschaft und Industriebetriebslehre für die breite Unterstützung bei der Fertigstellung dieses Buches. Insbesondere die Unterstützung beim Sammeln von Aufgaben, bei der Erstellung von Abbildungen, beim Formatieren des Textes und bei der Überarbeitung von Rohfassungen bzw. Korrekturlesen war sehr hilfreich. Dieser Dank gilt den ehemaligen Mitarbeitern, Herrn Dr. Trapp und Herrn Dr. Köbernik, genau so wie den jetzigen Mitarbeitern, Herrn Marco Fischer, Herrn Hendrik Jähn, Herrn Lars Zschorn und insbesondere Herrn Matthias Zimmermann, sowie den überaus fleißigen studentischen Hilfskräften, Herrn Jens Fischer und Herrn André Vogel.

Chemnitz, im März 2004

Joachim Käschel
Tobias Teich

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Abbildungsverzeichnis	ix
1 Mathematische Grundlagen	1
1.1 Funktion einer reellen Veränderlichen	1
1.1.1 Grundbegriffe	1
1.1.2 Extremwerte von Funktionen einer reellen Veränderlichen	2
1.1.3 Berechnung von Extremwerten bei Funktionen einer reellen Veränderlichen	4
1.1.4 Extremalstellen stückweise stetiger differenzierbarer Funktionen	6
1.1.5 Einige geometrische Interpretationen	8
1.2 Lineare Optimierungsaufgaben	9
1.2.1 Aufgabenstellung der Linearen Optimierung	9
1.2.2 Grafische Lösung Linearer Optimierungsprobleme	10
1.2.2.1 Lösbarkeitsfall	10
1.2.2.2 Unlösbarkeitsfälle	15
1.2.3 Simplexmethode zum Lösen Linearer Optimierungsaufgaben	16
1.2.3.1 Aufgabe in kanonischer Form	16
1.2.3.2 Aufgaben in allgemeiner Form	19
2 Grundlagen der Produktionswirtschaft	23
2.1 Einführung	23
2.2 Produktion und Wertschöpfung	24
2.2.1 Das Produktionssystem in seiner Umwelt	25
2.2.2 Grundbegriffe	28
2.2.3 Produktionsfaktoren	29
2.3 Produktion als Input-Throughput-Output-System	32
2.3.1 Produktion als periodenbezogener Transformationsprozess	32

2.3.2	Struktur einer Produktions- und Kostentheorie	33
2.3.3	Input- und Outputdarstellung	35
2.4	Die Produktionsfunktion	39
2.4.1	Präferenzen der Produzenten	39
2.4.2	Der effiziente Rand der Technologie-Menge	41
2.4.3	Eigenschaften von Produktionsfunktionen	43
2.4.4	Verläufe von Produktionsfunktionen	45
2.4.5	Beispiele für Produktionsfunktionen	47
2.4.6	Weitere Begriffe der Produktionstheorie	51
2.4.7	Übungsaufgaben	52
2.5	Kosten-, Erlös- und Erfolgskfunktion	58
2.5.1	Die Kostenfunktion	58
2.5.2	Verschiedene Kostenbetrachtungen	62
2.5.3	Die Erlösfunktion	64
2.5.4	Erfolgskfunktionen	65
2.5.5	Effizienz versus Erfolgsoptimalität	67
2.5.6	Veränderungen des Outputs und Kostenverläufe	69
2.5.6.1	Reine Anpassungsarten	69
2.5.6.2	Kombinierte Anpassung (Auswahl)	71
2.6	Praktische Aufgaben des Produktionsmanagements	72
2.6.1	Beschaffung und Logistik	72
2.6.1.1	Grundlagen	72
2.6.1.2	ABC-Analyse	74
2.6.1.3	Einfache Regelgesteuerte Verfahren	77
2.6.1.4	Optimale Bestellmenge - Grundmodell	78
2.6.1.5	Materialbedarfsplanung	81
2.6.1.6	Übungsaufgaben	87
2.6.2	Programmplanung	93
2.6.2.1	Produktprogrammplanung	93
2.6.2.2	Produktionsprogrammplanung	94
2.6.2.3	Kapazitätsplanung	96
2.6.2.4	Übungsaufgaben	99
2.6.3	Ablaufplanung	107
2.6.3.1	Maschinenbelegung	108
2.6.3.2	Reihenfolgeplanung	111

2.6.3.3	Übungsaufgaben	113
2.7	Grundbegriffe der industriellen Produktion	118
2.7.1	Hauptfunktionen des Unternehmens	118
2.7.2	Merkmale industrieller Produktion	119
2.7.3	Planungsaufgaben im Industrieunternehmen	120
2.7.4	Arten von Produktionsprozessen	120
2.7.4.1	Produkt- und marktbezogene Merkmale	121
2.7.4.2	Produktionsprozessbezogene Merkmale	121
2.7.4.3	Matrialfflussbezogene Merkmale	122
2.7.4.4	Organisationsformen der Produktion	122
2.7.4.5	Fertigungstypbezogene Merkmale	123
2.7.5	Entscheidungsebenen in der Produktion	123
2.7.6	Gegenwärtige Veränderungstendenzen in der industriellen Pro- duktion	124
2.7.6.1	Flexibilitätsforderungen als Folge des Marktwandels	124
2.7.6.2	Neue flexible Maschinenkonzepte	125
2.7.6.3	Veränderte Organisation der Produktionsabläufe	126
2.7.6.4	Integration von technischen und ökonomischen Informa- tionssystemen	126
2.7.6.5	Ökologische Anforderungen an die Produktion	127
2.7.6.6	Wirkungen veränderter Produktion auf Erfolgsfaktoren und Kostenstrukturen	127
2.8	Hinweise zu weiterer Literatur	128
3	Produktionsprogrammplanung	131
3.1	Einführung	131
3.1.1	Einperiodige einstufige Programmplanung	131
3.1.1.1	Planung bei ausreichender Kapazität	132
3.1.1.2	Planung bei genau einem Engpass	134
3.1.1.3	Planung bei mehreren Engpässen	137
3.1.2	Einperiodige mehrstufige Programmplanung	138
3.1.3	Mehrperiodige einstufige Programmplanung	139
3.1.4	Mehrstufige mehrperiodige Programmplanung	143
3.2	Sensitivitätsanalyse - Einblick und Anwendung	144
3.2.1	Ergebnisse der Dualitätstheorie der Linearen Optimierung	144
3.2.2	Anwendung auf die Kapazitätsplanung	145

3.2.3	Auswertung von Schlupfvariablen	146
3.3	Zentrale versus dezentrale Produktionsplanentscheidungen	147
4	Fertigungssteuerung	151
4.1	Grundlagen	151
4.1.1	Grundbegriffe	152
4.1.2	Historische Entwicklung	155
4.2	Ablaufplanung	160
4.2.1	Aufbau- und Ablauforganisation	160
4.2.1.1	Aufbauorganisation	161
4.2.1.2	Ablauforganisation	163
4.2.1.2.1	Gegenstand der Ablauforganisation	164
4.2.1.2.2	Ziele der Ablauforganisation	165
4.2.2	Durchlaufzeit	175
4.2.2.1	Beeinflussbare Bestandteile	175
4.2.2.2	Durchlaufdiagramm	176
4.2.3	Ablaufplanung innerhalb der Produktionsplanung	177
4.2.3.1	Produktionsprogrammplanung	179
4.2.3.2	Bereitstellungsplanung	180
4.2.3.3	Prozessplanung	182
4.2.3.4	Zusammenfassung	184
4.2.4	Das Job Shop Scheduling Problem	184
4.2.4.1	Deterministische Scheduling Probleme	185
4.2.4.1.1	Maschinencharakteristika	186
4.2.4.1.2	Auftragscharakteristika	187
4.2.4.1.3	Optimalitätskriterien	188
4.2.4.1.4	Zusammenfassung	192
4.2.4.2	Job Shop Scheduling	193
4.2.4.2.1	Grundbegriffe	193
4.2.4.2.2	Sequencing	195
4.2.4.2.3	Scheduling	197
4.2.4.3	Komplexitätstheoretische Betrachtungen	201
4.3	Durchlauf- und Kapazitätsterminierung	203
4.3.1	Klassische Durchlaufterminierung	204
4.3.1.1	Vorwärts- und Rückwärtsterminierung	205
4.3.1.2	Überlappen von Arbeitsgängen	209

4.3.1.3	Splitten von Arbeitsgängen	212
4.3.2	Klassische Kapazitätsterminierung	214
4.3.2.1	Belastungsrechnung	214
4.3.2.2	Kapazitätsanpassung	215
4.3.2.3	Kapazitätsabgleich	217
4.3.3	Bewertung der klassischen Durchlauf- und Kapazitätsterminierung	218
4.3.3.1	Übungsaufgaben	219
4.3.3.2	Lösungen der Übungsaufgaben	221
4.4	Fertigungssteuerungsprinzipien	224
4.4.1	Prioritätsregeln	226
4.4.1.1	Zeitunabhängige Prioritätsregeln	227
4.4.1.1.1	Stochastische Eigenschaften	227
4.4.1.1.2	Bearbeitungszeitorientierung	228
4.4.1.1.3	Fertigstellungszeitpunktorientierung	230
4.4.1.2	Zeitabhängige Prioritätsregeln	231
4.4.1.3	Verknüpfung von Prioritätsregeln	232
4.4.1.3.1	Verknüpfungen einfacher Art	233
4.4.1.3.2	AHP	235
4.4.1.4	Ergebnisse	241
4.4.2	Belastungsorientierte Auftragsfreigabe	245
4.4.2.1	Grundlegende Zusammenhänge	246
4.4.2.2	Das Verfahren	250
4.4.2.3	Kritik am Konzept der BOA	254
4.4.2.4	Übungsaufgaben BOA	255
4.4.2.5	Lösungen zu den Übungsaufgaben BOA	256
4.4.3	Retrograde Terminierung	259
4.4.3.1	Das Verfahren	259
4.4.3.2	Erweiterungen	263
4.4.3.3	Übungsaufgabe Retrograde Terminierung	265
4.4.3.4	Lösung der Übungsaufgabe	266
4.4.4	OPT-System	267
4.4.4.1	Grundgedanken	267
4.4.4.2	Verfahren	269
4.4.4.3	Beurteilung des Verfahrens	271
4.4.5	Kanban	272

4.4.5.1	Grundidee	272
4.4.5.2	Voraussetzungen	273
4.4.5.3	Verfahren	273
4.4.5.4	Die Karte als Informationsträger	274
4.4.5.5	Beurteilung des Verfahrens	276
4.4.5.6	Übungsaufgaben Kanban	278
4.4.5.7	Lösungen zu den Übungsaufgaben	279
4.4.6	Fortschrittszahlenkonzept	282
4.4.6.1	Grundidee und Voraussetzungen	282
4.4.6.2	Das Verfahren	286
4.4.6.3	Abschließende Einschätzung	287
4.4.6.4	Übungsaufgabe Fortschrittszahlenkonzept	288
4.4.6.5	Lösung der Übungsaufgabe	288
4.4.7	Zusammenfassung	290
4.5	Moderne Methoden der Fertigungssteuerung	290
4.5.1	Modelle, Heuristiken und Algorithmen	290
4.5.1.1	Nachbarschaft	291
4.5.1.2	Exakte Verfahren	292
4.5.1.3	Heuristiken	293
4.5.1.4	Algorithmen	294
4.5.2	Lokale Suchverfahren	296
4.5.2.1	Tabu Search	296
4.5.2.2	Simulated Annealing	298
4.5.2.3	Threshold Accepting	301
4.5.2.4	Sintflut-Methode	303
4.5.2.5	Testergebnisse	305
4.5.3	Evolutionäre Verfahren	307
4.5.3.1	Evolutionsstrategien	311
4.5.3.2	Genetische Algorithmen	315
4.5.3.2.1	Kodierung	318
4.5.3.2.2	Populationskonzepte	322
4.5.3.2.3	Selektion	328
4.5.3.2.4	Rekombination und Crossover	332
4.5.3.2.5	Mutation	336
4.5.3.2.6	Lösungsevaluierung und Fitnessfunktion	338

4.5.3.2.7	Erweiterungen zur Belegungsplanung	340
4.5.3.2.8	Testergebnisse	354
4.5.4	Ant Colony Optimierung	357
4.5.5	Übungsaufgaben zu Heuristiken	364
4.5.6	Lösungen zu den Übungsaufgaben	365
5	Übungsaufgaben mit Lösungen	369
5.1	Aufgaben	369
5.2	Lösungen	384
	Literaturverzeichnis	415
	Indexverzeichnis	431