

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Motivation und Zielstellung	1
1.2. Wissenschaftliche Einordnung und Abgrenzung des Themas	2
1.3. Aufbau der Arbeit	3
2. Problembeschreibung	5
2.1. Prozessbetrachtungen	5
2.1.1. Frontend	6
2.1.2. Wafer-Test	11
2.1.3. Backend	12
2.1.4. Baugruppenfertigung	14
2.2. Ziele einer optimierten Ablaufplanung – untersuchte Problemstellung	16
3. Optimierung	19
3.1. Mathematische Optimierung	19
3.1.1. Lineare Optimierung	20
3.1.2. Gemischt-ganzzahlige lineare Optimierung	20
3.1.2.1. Branch & Bound	21
3.1.2.2. Schnittebenenverfahren	24
3.1.2.3. Diskrete Alternativen	25
3.2. Constraint-Programmierung	26
3.3. Dynamische Optimierung	30
3.4. Heuristische Optimierung	32
4. Ablaufplanung	37
4.1. Begriffsbildung	38
4.1.1. Klassifikation von Ablaufplanungsproblemen	39
4.1.1.1. Klassifizierung nach Maschinenumgebung	39
4.1.1.2. Klassifizierung nach Job-Eigenschaften	41
4.1.1.3. Klassifizierung nach Zielfunktion	43

4.1.2.	Komplexität von Ablaufplanungsproblemen	45
4.2.	Modellierung: direkte Ansätze zur Ablaufplanung	47
4.2.1.	Heuristische Verfahren	49
4.2.2.	Exakte Verfahren	52
4.3.	Modellierung: simulationsbasierte Ansätze zur Ablaufplanung	56
4.3.1.	Ereignisdiskrete Simulation	57
4.3.2.	Prioritätsregeln – Dispatching	58
4.3.3.	Simulationsbasierte Optimierung	61
4.3.4.	Einsatzgebiete simulationsbasierter Verfahren für die Ablaufplanung	64
4.4.	Vergleich von direkten- und simulationsbasierten Ansätzen zur Ablaufplanung . .	66
5.	Kopplung simulationsbasierter und exakter Verfahren	79
5.1.	Beispiel eines DES-Systems	80
5.2.	Anforderungen an das Simulationsmodell – Eingrenzungen	82
5.3.	Entwicklung eines allgemeinen mathematischen Modells	88
5.4.	Hybride Optimierung	95
5.4.1.	Gewinnung von Startlösungen und Schranken durch Simulation	95
5.4.2.	MIP-Modellvereinfachung durch Simulation – Heuristiken	96
5.4.3.	Simulation optimierter Lösungen	98
5.5.	Einsetzbarkeit und Erweiterbarkeit	98
5.5.1.	Fallbeispiele der Literatur	99
5.5.1.1.	Job-Shop-Probleme	99
5.5.1.2.	Ablaufplanungsprobleme mit Zyklen	100
5.5.1.3.	Ablaufplanungsprobleme mit Zeitkopplungen	102
5.5.2.	Praxisbezogene Problemstellungen	105
5.5.3.	Mögliche Erweiterungen	108
5.5.3.1.	Erweiterungen von Maschinenumgebungen	108
5.5.3.2.	Lockerung von Anforderungen an das DES-Modell	110
5.5.4.	Übertragbarkeit auf verwandte Problemstellungen	113
5.6.	Fazit	115
6.	Dekompositionsansätze für praxisrelevante Problemstellungen	117
6.1.	Optimierte Batch-Bildung an Diffusions- und Oxidationsöfen	118
6.1.1.	Vorarbeiten	120
6.1.2.	Untersuchte und alternative Verfahren	121
6.1.2.1.	Prioritätsregeln	124
6.1.2.2.	Simulationsbasierte Optimierung	127
6.1.2.3.	Variable Nachbarschaftssuche	129
6.1.3.	Dekompositionsansätze für Maschinengruppen mit Batch-Bildung	131
6.1.3.1.	Zeitbasierte Dekompositionsansätze	131

6.1.3.2.	Maschinenbasierte Dekompositionsansätze	133
6.1.4.	Experimentiersystem und Testdaten	137
6.1.4.1.	Versuchsaufbau und Testdatenerzeugung	138
6.1.4.2.	Ergebnisse – Testdaten	141
6.1.5.	Bewertung des Optimierungspotentials auf Basis realer Daten	146
6.1.5.1.	Versuchsaufbau und Realdatengewinnung	147
6.1.5.2.	Ergebnisse – Realdaten	151
6.2.	Erweiterte Anwendungsgebiete – Ausblick	156
6.2.1.	Zeitkopplungsgesteuerte Batch-Bildung an Nassbänken	156
6.2.2.	Optimierte Ablaufplanung in der Lithographie	157
6.3.	Fazit	166
 7. Implementierungsaspekte		167
7.1.	Implementierung des hybriden Optimierungsansatzes	167
7.2.	Implementierung eines Testsystems zur Evaluierung von Steuerungsregeln auf Realdatenbasis	169
7.3.	Einbettung mathematischer Optimierungsverfahren in Echtzeitsteuerungslogiken	172
 8. Zusammenfassung und Ausblick		175
 A. Anhang		179
A.1.	Grundlagen	179
A.2.	Mathematische Modelle für ausgewählte Ablaufplanungsprobleme	182
A.2.1.	Manne-Modell	182
A.2.2.	Wilson-Modell	183
A.3.	Benchmark-Ergebnisse	185
A.4.	Benchmark-Instanzen	193
A.5.	Algorithmen	193