

# **Quantitative Optimierung dynamischer Produktionsnetzwerke**

Vom Fachbereich Maschinenbau  
an der Technischen Universität Darmstadt

zur

Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)  
genehmigte

## **D i s s e r t a t i o n**

vorgelegt von

**Dipl.-Phys. Frank Jacob**

aus Offenbach am Main

Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. E. Abele  
Mitberichterstatter: Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing P. Groche  
Tag der Einreichung: 7. September 2005  
Tag der mündlichen Prüfung: 1. November 2005

Darmstadt 2005

D17

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Ausgangssituation . . . . .	1
1.2	Problemstellung . . . . .	6
1.3	Zielsetzung und Vorgehensweise . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Untersuchungs- und Einsatzbereich</b>	<b>9</b>
2.1	Begriffsbestimmung . . . . .	9
2.1.1	Globale Produktionsnetzwerke . . . . .	9
2.1.2	Prozessschritte . . . . .	11
2.1.3	Prozessketten . . . . .	12
2.2	Abgrenzungen des Untersuchungs- und Einsatzbereichs . . . . .	12
2.2.1	Strategische Planung / Taktische Planung . . . . .	13
2.2.2	Faktoren außerhalb des Untersuchungsbereichs . . . . .	15
2.3	Typische Einsatzszenarien . . . . .	19
<b>3</b>	<b>Stand der Forschung und zusätzlicher Erkenntnisgewinn des neuen Ansatzes</b>	<b>22</b>
3.1	Methoden der Entscheidungsvorbereitung und -unterstützung . . . . .	22
3.1.1	Checklisten-Verfahren . . . . .	23
3.1.2	Szenariobasierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen . . . . .	24
3.1.3	Modellgestützte Simulationsansätze . . . . .	25
3.1.4	Modellgestützte Optimierungsansätze . . . . .	25
3.2	Darstellung der Anwendbarkeit der verschiedenen Verfahren . . . . .	26
3.3	Bisherige Ansätze strategischer modellgestützter Netzwerkoptimierungsverfahren . . . . .	29
3.3.1	Taktische Optimierungsansätze . . . . .	31
3.3.2	Strategisch-statische Optimierungsansätze . . . . .	32
3.3.3	Strategisch-dynamische Optimierungsansätze . . . . .	34
3.4	Zusätzlicher Erkenntnisgewinn des dynamischen Ansatzes dieser Arbeit . . . . .	35
<b>4</b>	<b>Einflussfaktoren für die Wahl eines Produktionsstandortes</b>	<b>40</b>

4.1	Vorgehen zur Sensitivitätsanalyse . . . . .	40
4.2	Faktorkosten und Produktivität . . . . .	42
4.3	Transaktionale Kosten . . . . .	45
4.4	Investitionen . . . . .	47
4.5	Produktionsanlaufkosten . . . . .	49
4.6	Restrukturierungskosten . . . . .	53
4.7	Skaleneffekte . . . . .	56
4.8	Standortgerechte Fertigungsverfahren . . . . .	59
<b>5</b>	<b>Darstellung des Modellierungsansatzes</b>	<b>69</b>
5.1	Gemischt-ganzzahlige Optimierung . . . . .	69
5.2	Zielfunktion der Optimierung: Kapitalwert . . . . .	70
5.3	Abbildung der Prozesskette und Erhebung der Eingangsgrößen . . . . .	75
5.4	Abbildung der (Re-)Investitionen . . . . .	78
5.5	Abbildung der Zahlungsströme . . . . .	81
5.5.1	Material . . . . .	81
5.5.2	Investitionen . . . . .	81
5.5.3	Personal . . . . .	82
5.5.4	Transport . . . . .	82
5.5.5	Zölle . . . . .	82
5.5.6	Wartung und Instandhaltung . . . . .	83
5.5.7	Lagerhaltung . . . . .	83
5.5.8	Subventionen . . . . .	83
5.5.9	Fixe Aufwendungen . . . . .	84
5.5.10	Aufwendungen für Restrukturierung . . . . .	84
5.5.11	Aufwendungen des Produktionsanlaufs . . . . .	85
5.6	Optionale Randbedingungen . . . . .	87
5.6.1	Ausgangsnetzwerk . . . . .	87
5.6.2	Zielnetzwerk . . . . .	87
5.6.3	Mindest-Produktion . . . . .	88
5.6.4	Maximal handhabbare Komplexität . . . . .	88
5.6.5	Finanzierbarkeit . . . . .	88
5.7	IT-technische Implementation . . . . .	89
5.7.1	Eingabe / Ausgabe-Schnittstelle . . . . .	89
5.7.2	Optimierungslauf . . . . .	90
5.7.3	Laufzeitverhalten . . . . .	91
5.7.4	Ergebnisbewertung . . . . .	95
5.7.5	Nutzung zur Simulation . . . . .	95
5.8	Vergleich: Statische und dynamische Optimierung . . . . .	96

---

5.9 Fehlerabschätzung . . . . .	98
5.9.1 Fehlersensitivität der Eingangsgrößen . . . . .	99
5.9.2 Einfluss des gewählten Betrachtungshorizonts . . . . .	101
5.9.3 Einfluss der Anzahl Prozessschritte . . . . .	103
<b>6 Anwendungsbeispiele</b>	<b>105</b>
6.1 Handschaltgetriebe . . . . .	105
6.2 Unterhaltungselektronik . . . . .	109
6.3 Haushaltsgeräte . . . . .	114
6.4 Pumpe . . . . .	117
6.5 Ausblick . . . . .	120
<b>7 Zusammenfassung</b>	<b>122</b>
<b>A Herleitung der Zielfunktion</b>	<b>125</b>
<b>B Nomenklatur der verwendeten Variablen und Parameter</b>	<b>127</b>
<b>C Ländercodes nach "DIN EN ISO 3166" bzw. "ISO 3166-1-alpha-2"</b>	<b>133</b>