

# Inhalt

Vorwort . . . . .	9
<b>1. Einführung . . . . .</b>	<b>11</b>
1.1 Der Begriff der Optimierung . . . . .	11
1.2 Mehrstufige Entscheidungsprozesse . . . . .	13
1.3 Mehrstufige Optimierungsprobleme . . . . .	17
<b>2. Methoden der mathematischen Optimierung . . . . .</b>	<b>21</b>
2.1 Allgemeine Methoden der Optimierung . . . . .	21
2.1.1 Direkte Methode . . . . .	21
2.1.2 Verwendung der Differentialrechnung . . . . .	21
2.1.3 Methode der Lagrangeschen Multiplikatoren . . . . .	22
2.1.4 Verfahren der Variationsrechnung . . . . .	23
2.1.5 Experimentelle Untersuchung (Probiermethode) . . . . .	23
2.1.6 Lineare und nichtlineare Programmierung . . . . .	25
2.1.7 Dynamische Programmierung . . . . .	25
2.1.8 Das Maximum-Prinzip . . . . .	26
2.2 Entwicklung des Maximum-Prinzips . . . . .	26
<b>3. Das diskrete Maximum - Prinzip für einfache Rückkopplungsprozesse . . . . .</b>	<b>30</b>
3.1 Beschreibung des Algorithmus . . . . .	30
3.2 Ableitung des Algorithmus . . . . .	32
3.3 Der Algorithmus für den einfachen Prozeß . . . . .	34
3.4 Erweiterung des Algorithmus . . . . .	35

---

3.4.1	Prozesse mit festen Endpunkten . . . . .	35
3.4.2	Prozesse mit Wahl der Anfangswerte . . . . .	36
3.4.3	Prozesse mit verschiedenen Stufen . . . . .	37
3.4.4	Prozesse mit Wahl von Sonderparametern . . . . .	37
3.4.5	Prozesse mit Erinnerungsvermögen in Entscheidungen . . . . .	38
3.4.6	Prozesse mit willkürlicher Funktion als Objektfunktion . . . . .	39
3.4.7	Prozesse mit Summenfunktion als Objektfunktion . . . . .	39
<b>4.</b>	<b>Eindimensionale Prozesse . . . . .</b>	<b>42</b>
4.1	Die Darstellungsgleichungen . . . . .	42
4.2	Die Rekursionsgleichung für den optimalen Zustand und die optimale Entscheidung für den nichtlinearen Prozeß . . . . .	44
4.3	Fall-Untersuchungen für nichtlineare eindimensionale Prozesse . . . . .	49
4.3.1	Gegenstrom-Extraktionsprozeß . . . . .	49
4.3.2	Die optimale Wahl von Temperatur und Rastzeit bei einer einfachen Reaktion in einer stetigen Mischbehälter-Reaktor-Folge . . . . .	56
4.3.3	Korn-Trockner mit mehreren Luftkanälen . . . . .	64
4.3.4	Einfacher Wärme-Austauscher . . . . .	71
4.3.5	Ein Abkühlungssystem . . . . .	74
4.3.6	Die adiabatische Röhrenumwandlungsanlage . . . . .	83
4.3.7	Raketenstufen I . . . . .	88
4.3.8	Raketenstufen II . . . . .	93
4.4	Allgemeine Lösung für lineare Prozesse . . . . .	96
4.5	Fall-Untersuchungen für lineare Prozesse . . . . .	98
4.5.1	Mehrstufige Kompression eines Gases . . . . .	98
4.5.2	Mischbehälter-Reaktor-Folge bei isothermer chemischer Reaktion erster Ordnung . . . . .	99
4.5.3	Mehrmalige Extraktion mit einer linearen Gleichgewichtsrelation . . . . .	100
<b>5.</b>	<b>Prozesse mit Nebenbedingungen für Entscheidungsvariable . . . . .</b>	<b>104</b>
5.1	Allgemeine Rechenverfahren . . . . .	104
5.1.1	Schätzung der Endbedingungen . . . . .	105

---

5.1.2	Schätzung der Anfangsbedingungen . . . . .	106
5.1.3	Rück- und Vorwärtsrechnung . . . . .	106
5.1.4	Schätzung der Entscheidungsvariablen . . . . .	106
5.2	Das Problem des Katalysatorersatzes . . . . .	106
5.3	Das Transport-Problem . . . . .	120
6.	<b>Mehrdimensionale Prozesse . . . . .</b>	<b>127</b>
6.1	Das minimale Gewicht von Raketenstufen . . . . .	127
6.2	Ein stufenweises biochemisches Reaktor System . . . . .	131
6.3	Denbigh's Reaktionssystem . . . . .	136
6.4	Die adiabatische Reaktorfolge . . . . .	142
7.	<b>Das verallgemeinerte diskrete Maximum-Prinzip</b>	<b>148</b>
7.1	Darstellung des Algorithmus . . . . .	148
7.2	Die Ableitung des Algorithmus . . . . .	151
7.3	Einfache Rückkopplungsprozesse . . . . .	154
8.	<b>Allgemeine Bemerkungen über das Maximum-Prinzip und die dynamische Programmierung</b>	<b>158</b>
<b>Anhang A</b>		
	Pontrjagins Maximum-Prinzip . . . . .	164
<b>Anhang B</b>		
	Dynamische Programmierung . . . . .	168
<b>Anhang C</b>		
	Beste Politik der $k$ -ten Ordnung . . . . .	171

C.1 Der Algorithmus . . . . .	.171
C.2 Ein gerichtetes Netzwerk . . . . .	.175
C.3 Ein mehrstufiger Prozeß mit paralleler Redundanz . . . . .	.178

## Anhang D

Bemerkungen über die notwendigen und hinreichenden Bedingungen für Optimalität . . . . .	.184
Deutsche Literatur . . . . .	.187
Verwendete Formelzeichen . . . . .	.188
Autorenverzeichnis . . . . .	.194
Sachverzeichnis . . . . .	.196