

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	9
1. <u>Einführung und Übersicht</u>	11
1.1 Minimum, Maximum, Optimum	13
1.2 Optimierungsprobleme für statische Modelle	14
1.2.1 Klassische Optimierungsprobleme ohne Nebenbedingungen.....	15
1.2.2 Klassische Optimierungsprobleme mit Nebenbedingungen	16
1.2.3 Nichtklassische Optimierungsprobleme	16
1.3 Optimierungsprobleme für dynamische Modelle	17
1.3.1 Variationsaufgaben mit unbeschränkter Steuerung	18
1.3.2 Variationsaufgaben mit beschränkter Steuerung	19
1.3.3 Formulierung und Lösung von Optimierungsproblemen mit Hilfe des Maximumprinzips	19
2. <u>Direkte Verfahren</u>	25
2.1 Das Gradientenverfahren	26
2.1.1 Vorbemerkungen	26
2.1.2 Das Gradientenverfahren für MAYERsche Variationsaufgaben	30
2.1.3 Beispiele zum Gradientenverfahren	41
Beispiel 1: Lineares Regelungssystem erster Ordnung	41
Beispiel 2: Optimale Temperaturverteilung in einem chemischen Rohrreaktor	46
Beispiel 3: Optimaler Landeanflug eines Verkehrsflugzeuges ...	50
2.2 Erweiterungen zum Gradientenverfahren	55
2.2.1 Das Problem von BOLZA	55
2.2.2 Variationsprobleme mit Endbedingungen	56
2.2.3 Variationsprobleme mit freier Endzeit	59
2.2.4 Variationsprobleme mit beschränkten Steuerungen	61
2.2.5 Diskussion	63
2.3 Die Extr-H-Methode	64
2.4 Das konjugierte Gradientenverfahren	66
2.4.1 Vorbemerkungen	67

2.4.2	Das konjugierte Gradientenverfahren für MAYERsche Variationsaufgaben	71
2.4.3	Beispiele zum konjugierten Gradientenverfahren	73
	Beispiel 1: Lineares Regelungssystem erster Ordnung	74
	Beispiel 2: Optimale Steuerung eines Laufkrans	76
2.5	Das Verfahren der zweiten Variation	80
2.5.1	Das Problem von BOLZA ohne Endbedingungen	80
2.5.2	Das Problem von BOLZA mit Endbedingungen	85
2.5.3	Diskussion, Programmierung und Beispiele	88
	Beispiel 1: Lineares System mit quadratischem Kriterium	92
	Beispiel 2: Lineares Regelungssystem erster Ordnung	93
	Beispiel 3: Optimaler Aufstieg einer Mehrstufenrakete	96
3.	<u>Indirekte Verfahren</u>	101
3.1	Das NEWTON-RAPHSON-Verfahren	102
3.1.1	Beispiele zum NEWTON-RAPHSON-Verfahren	114
	Beispiel 1: Energieoptimale Steuerung eines Gleichstromservomotors	114
	Beispiel 2: Zeitoptimale Steuerung eines drallstabilisierten Flugkörpers	119
3.1.2	Erweiterungen des NEWTON-RAPHSON-Verfahrens	126
3.2	Die Quasilinearisierung	129
3.2.1	Beispiele zur Quasilinearisierung	138
	Beispiel 1: Lineares System erster Ordnung mit gemischtem Gütekriterium	138
	Beispiel 2: Optimal gesteuerte Gasreaktion in einem chemischen Rohrreaktor	141
	Beispiel 3: Optimales Einfahren eines Kernreaktors in einen stationären Zustand	146
3.2.2	Erweiterungen zur Quasilinearisierung	151
4.	<u>Zeitoptimal gesteuerte lineare Systeme</u>	155
4.1	Analytische Lösung mit Hilfe des Maximumprinzips	155
4.2	Das Verfahren von NEUSTADT	158
4.2.1	Geometrische Interpretation	158
4.2.2	Satz von NEUSTADT	160
4.3	Beispiele zum Verfahren von NEUSTADT	165
	Beispiel 1: Zeitoptimales Abbremsen eines Rotors	165

	Beispiel 2: Zeitoptimale Steuerung eines gedämpften Oszillators	171
4.4	Diskussion und Schlußbemerkungen	174
5.	<u>Anhang</u>	175
5.1	Matrizen, Vektoren und lineare Systeme	175
5.1.1	Matrizen und Vektoren	175
5.1.2	Lineare Systeme	185
5.2	Variationsrechnung und Maximumprinzip	190
5.2.1	Variationsrechnung nach HAMILTON	193
5.2.2	Maximumprinzip von PONTRJAGIN	198
5.3	Numerische Verfahren zur Integration von gewöhnlichen Differen- tialgleichungen	201
5.3.1	Einschrittverfahren	202
5.3.2	Mehrschrittverfahren	208
5.3.3	Vergleich und Auswahl verschiedener Integrationsverfahren	212
6.	<u>Literaturverzeichnis</u>	215
6.1	Lehrbücher und Sammeldarstellungen	215
6.2	Direkte Verfahren	217
6.2.1	Gradientenverfahren	217
	Literatur zu den Beispielen	218
6.2.2	Extr-H-Methode	219
6.2.3	Konjugiertes Gradientenverfahren	219
	Literatur zu den Beispielen	221
6.2.4	Methode der zweiten Variation	221
	Literatur zu den Beispielen	222
6.3	Indirekte Verfahren	222
6.3.1	NEWTON-RAPHSON-Verfahren	222
	Literatur zu den Beispielen	223
6.3.2	Quasilinearisierung	223
	Literatur zu den Beispielen	224
6.4	Lineare Systeme	225
6.5	Anhang	226
6.5.1	Matrizen, Vektoren und lineare Systeme	226
6.5.2	Variationsrechnung und Maximumprinzip	227
6.5.3	Numerische Verfahren zur Integration von gewöhnlichen Differen- tialgleichungen	227
	Sachwortverzeichnis	229