
Inhaltsverzeichnis

1	Kontrolltheoretische Grundbegriffe	1
1.1	Ein einführendes Beispiel: Insektizidproblem	1
1.2	Dynamische Systeme	4
1.3	Gesteuerte dynamische Systeme	5
1.4	Verfügbare Steuerungen und erreichbare Zustände	6
1.5	Zulässige und optimale Steuerungen	7
1.6	Offene und geschlossene Regelstrecken	8
1.7	Lineare und nichtlineare Systeme	9
1.8	Beispiel: Schwingendes System	10
1.9	Beispiel: Steuerung eines Lastenkrans	12
1.10	Beispiel: Aufheizen eines Ofens	15
1.11	Beispiel: Elektrischer Schaltkreis	16
1.12	Beispiel: Korrekturmanöver bei einem Satelliten	17
1.13	Aufgaben zu Kap. 1	20
2	Lineare Systeme	23
2.1	Lösungstheorie linearer Systeme	23
2.2	Steuerbarkeit linearer Systeme	34
2.3	Energieoptimale Steuerungen	41
2.4	Linear-quadratische Regler	48
2.5	Aufgaben zu Kap. 2	51
3	Erreichbarkeitsmengen: Theorie	55
3.1	Elementare Betrachtungen	55
3.2	Nadelvariationen und ihre Auswirkungen	61
3.3	Approximationseigenschaft des Boltjanski-Kegels	65
3.4	Variierende Hyperebenen	70
3.5	Hamiltonsche Formulierung des Pontrjagin-Prinzips	71
3.6	Endzeitvariationen	76
3.7	Beispiel: Raketenwagen	78
3.8	Zeitoptimale Steuerungen	82
3.9	Bang-Bang-Prinzip	84
3.10	Aufgaben zu Kap. 3	93

4 Erreichbarkeitsmengen: Beispiele	97
4.1 Beispiel: Insektizidproblem	97
4.2 Beispiel: Reinvestitionsstrategie	106
4.3 Beispiel: Auftreten singulärer Steuerungen	114
4.4 Ein weiteres Beispiel zu singulären Steuerungen	124
4.5 Aufgaben zu Kap. 4	125
5 Erreichbarkeitsmengen: Fallstudie	127
5.1 Systemgleichungen	127
5.2 Hamilton-Funktion und Hamiltonsche Gleichungen	127
5.3 Auswertung der Maximumsbedingung	128
5.4 Basislösungen	130
5.5 Kontrollsynthese	131
5.6 Steuerungen vom Typ $(1, -1, 1, -1, \dots)$	131
5.7 Steuerungen vom Typ $(-1, 1, -1, 1, \dots)$	137
5.8 Steuerungen vom Typ $(\star, \xi, \star)$	141
5.9 PMP-Steuerungen bei gegebenem Anfangszustand	145
5.10 Zustandekommen einer zweiten Umschaltung	147
5.11 Steuerungen vom Typ $(1, \xi, \pm 1)$ bzw. $(1, \xi)$	151
5.12 Steuerungen vom Typ $(-1, \xi, \pm 1)$ bzw. $(-1, \xi)$	153
5.13 Steuerungen vom Typ $(\xi, \pm 1)$ bzw. (ξ)	156
5.14 Bestimmung von Boltjanski-Kegeln	161
5.15 Didaktische Anmerkungen	165
5.16 Aufgaben zu Kap. 5	169
6 Optimalsteuerungen	171
6.1 Pontrjagin-Prinzip für Optimalsteuerungen	171
6.2 Transversalitätsbedingungen	180
6.3 Optimalsteuerungsprobleme als Optimierungsprobleme unter Nebenbedingungen	182
6.4 Die Hamilton-Jacobi-Bellman-Gleichung	188
6.5 Aufgaben zu Kap. 6	193
7 Anwendungen des Maximumprinzips	197
7.1 Das Problem von Zermelo	197
7.2 Das Problem von Dubins	202
7.3 Das Goddard-Problem	211
7.4 Das Problem von Miele	217
7.5 Aufgaben zu Kap. 7	222
8 Lösungen der Aufgaben	225
8.1 Lösungen zu Kap. 1	225
8.2 Lösungen zu Kap. 2	230
8.3 Lösungen zu Kap. 3	239
8.4 Lösungen zu Kap. 4	251

8.5	Lösungen zu Kap. 5	272
8.6	Lösungen zu Kap. 6	277
8.7	Lösungen zu Kap. 7	288
A Gewöhnliche Differentialgleichungen		301
B Konvexität		313
C Literaturhinweise		319
Stichwortverzeichnis		323