

Inhaltsverzeichnis

Bezeichnungen	iv
1 Einleitung	1
1.1 Historischer Überblick	1
1.2 Zielsetzung	4
2 Flugmechanische Modellierung	6
2.1 Zielfunktional und Bewegungsgleichungen	6
2.2 Atmosphäre und aerodynamisches Modell	8
2.3 Idealisiertes Modell	11
2.3.1 Modellierung ohne Leerlaufverbrauch	12
2.3.2 Modellierung mit Leerlaufverbrauch	13
2.4 Realistisches Modell	15
2.4.1 Modellierung des Kolbentriebwerks	16
2.4.2 Propellerantrieb	17
2.4.3 Kopplung von Kolbentriebwerk und Propeller	17
2.5 Dimensionsloses Gleichungssystem	21
3 Flugmechanische Grundüberlegungen	25
3.1 Optimaler horizontaler stationärer Flug	26
3.2 Instationäre Flugzustände	30
3.2.1 Energiezustandsbetrachtung	31

3.2.2	Betrachtung bahndynamischer Effekte	36
3.3	Näherungsweise optimale Steuerungen	38
3.3.1	Optimaler stationärer Flug	40
3.3.2	Periodischer Flug	40
4	Mathematische Grundlagen	49
4.1	Minimumprinzip	49
4.1.1	Idealisiertes Modell	50
4.1.1.1	Bedingungen erster Ordnung für die optimale Steuerung	52
4.1.1.2	Bedingungen zweiter Ordnung für die optimale Steuerung	54
4.1.1.3	Betrachtung der Steuerung an Hand des Hodographen	55
4.1.1.4	Singuläre Steuerung	57
4.1.1.5	Steuer- und Zustandsbeschränkungen	60
4.1.2	Realistisches Modell für das Antriebssystem	65
4.1.2.1	Expliziter Ansatz zur Iteration der Gleichgewichtsdrehzahl	65
4.1.2.2	Impliziter Ansatz zur Iteration der Gleichgewichtsdrehzahl	68
4.1.3	Abhängigkeit der Richtung des Schubvektors vom Anstellwinkel	71
4.2	Numerische Algorithmen	77
4.2.1	Mehrzielmethode	78
4.2.2	Numerische Probleme	81
4.2.3	Stabilisierung	83
5	Periodische Optimalflugbahnen	88
5.1	Idealisiertes Modell	89
5.1.1	Einfluß der Verbrauchscharakteristik	89
5.1.1.1	Bang-Bang-Steuerung	89
5.1.1.2	Singuläre Steuerung	92

5.1.2	Einfluß relevanter bahn- und flugzeugspezifischer Parameter . . .	98
5.1.2.1	Einfluß der Flugstrecke	98
5.1.2.2	Einfluß der Leistungsbelastung	100
5.1.2.3	Einfluß der Schubcharakteristik	103
5.1.2.4	Einfluß der Flächenbelastung	103
5.1.2.5	Einfluß der minimalen Gleitzahl	106
5.1.2.6	Einfluß des Polarenexponenten	106
5.1.2.7	Beschränkung der minimal zulässigen Flughöhe	111
5.1.2.8	Beschränkung der maximal zulässigen Flughöhe	113
5.1.2.9	Lineares Modell mit Berücksichtigung des Leerlaufverbrauchs	116
5.1.2.10	Quadratisches Verbrauchsmodell	118
5.1.2.11	Treibstoffeinsparungen im Bereich realistischer Flugzeugdaten	121
5.2	Realistisches Antriebsmodell	126
5.2.1	Antriebssystem mit festem Blatteinstellwinkel	126
5.2.2	Antriebssystem mit Steuerung der Propellerdrehzahl	133
5.3	Anstellwinkelabhängige Richtung des Schubvektors	136
6	Zusammenfassung	142
A	Bereich realistischer Flugzeugdaten	145
B	Flugmechanische Modellierung	146
B.1	Aerodynamisches Modell	146
B.2	Realistisches Modell für das Antriebssystem	147
C	Optimale Trajektorien	149
C.1	Idealisiertes Modell	149
C.2	Realistisches Antriebsmodell, expliziter Ansatz	152
C.3	Realistisches Antriebsmodell, impliziter Ansatz	154
	Literaturverzeichnis	156