

WELTRAUMFORSCHUNG

I

Physikalisch-Technische Voraussetzungen

VON

RICHARD- HEINRICH GIESE

MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR PHYSIK UND ASTROPHYSIK
INSTITUT FÜR EXTRATERRESTRISCHE PHYSIK,
GARCHING bei MÜNCHEN

PRIVATDOZENT AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE MÜNCHEN



BIBLIOGRAPHISCHES INSTITUT • MANNHEIM

HOCHSCHULTASCHENBÜCHER-VERLAG

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
KAPITEL I: Physik der Raketenantriebe . . .	13
1. Die Raketenformel	13
2. Der Wirkungsgrad	16
3. Das Stufenprinzip	18
Grundlagen.	18
Beispiel	20
4. Thermodynamische Grundlagen	22
Die lineare, stationäre Strömung ...	22
Die Lavalduse	25
5. Forschungsraketen der Gegenwart	29
Flüssigkeitsraketen . . .	29
Feststoffraketen	30
Beispiele . .	31
6. Künftige Antriebsarten . .	37
Verbesserung chemischer Raketenantriebe .	37
Thermonukleare Antriebe . .	38
Ionenantriebe	40
Fusionsantriebe	43
Photonenantriebe . .	43
Vergleich und Grenzen künftiger Antriebsarten . .	44
KAPITEL II: Ballistik der Höhenforschungsraketen	47
1 . Der Senkrechtschuß	47
Senkrechtschuß im homogenen Schwerfeld ohne Luftwiderstand	47
Senkrechtschuß im homogenen Schwerfeld mit Luftwiderstand	50
Senkrechtschuß im nicht homogenen Schwerfeld	55
2. Der schräge Schuß	56
Der „Gravity Turn“	56
Freiflugbahn im homogenen Schwerfeld ohne Luftwiderstand	59
Ballistische Daten einiger Höhenforschungsraketen . . .	60
KAPITEL III: Grundlagen der Raumflugmechanik	65
1. Das Zweikörperproblem	65
Bewegungsgleichung	65
Energie	67

Drehimpuls	68
Form der Bahn	69
Gesamtenergie der Bahn	70
Fluchtgeschwindigkeit	71
Zeitlicher Bewegungsablauf	72
Die Keplergleichung für Ellipsenbahnen	74
Analogie zur Keplergleichung für Hyperbelbahnen	78
2. Bezugssysteme für Ort und Zeit	79
Definition räumlicher Bezugssysteme	79
Koordinatentransformation	82
Präzession und Nutation	87
Bezugssysteme für die Zeitmessung	88
3. Definition und Bestimmung von Bahnelementen	90
Definition von Bahnelementen	90
Bahnelemente aus Ort und Geschwindigkeit (Anfangswertproblem)	92
Bahnelemente aus „Range and Range Rate“-Daten	94
Bahnelemente aus Dopplermessungen	96
Bahnelemente aus Richtungsmessungen	97
4. Störungen	100
Bewegungsgleichung mit Störungen	100
Methode von Cowell	100
Methode von Encke	101
Variation der Elemente	103
KAPITEL IV: Anwendung der Raumflugmechanik	108
1. Bahntypen	108
Übersicht	108
Die Kreisbahn	110
Übergang von der Kreisbahn zu anderen Bahnformen	113
2. Ballistische Flugbahn einer Interkontinentalrakete	114
Lösung als Anfangswertproblem in der Ebene	114
Reichweite	116
Flugzeit	116
Auswirkung von Fehlern in der Brennschlußgeschwindigkeit	117
3. Interplanetare Trajektorien	118
Näherungslosung als ebenes Problem	118
Hohmann-Bahnen	119
Schnelle koplanare Übergangsbahnen	122
Bahnen geringen Schubes (Low Thrust Trajectories)	127
4. Raumflugmanöver	132
Flug einer Raumsonde	132
Rendezvous	134
Raumflugmanöver einschließlich Start und weicher Landung	138

5. Bahnvermessung und Bahnverfolgung	142
Bahn Verbesserung und Überwachung	142
Sichtbarkeitsbedingungen	147
Helligkeit und photographische Nachweisbarkeit von Satelliten	149
Optische Bahnbestimmung	153
Minitrack	160
KAPITEL V: Drehbewegungen und Lagebestimmung von Raumflugkörpern	169
1. Grundlagen aus der Kreiseltheorie	169
Drehimpulssatz im bewegten Schwerpunktsystem	169
Korperfeste Koordinaten	170
Trägheitstensor und Hauptträgheitsachsen	171
Die Eulerschen Kreiselgleichungen	172
Rotationsenergie	173
2. Rotationsbewegungen von Raumfahrzeugen	173
Drehbewegung ohne äußere Momente (Hohenforschungsrakete)	173
Nutationsdämpfung	181
Das Yo-Yo-Verfahren	184
3. Lagebestimmung	187
Spinstabilisierung und störende Momente	187
Passive und aktive Stabilisierung	191
Messung der räumlichen Orientierung	196
Literatur	204
Abbildungsnachweise	213
Stichwortverzeichnis	216