
Inhaltsverzeichnis

1	Physik der Bewegung von Körpern (Zusammenfassung)	1
2	Physik des Kontinuums (Zusammenfassung)	5
3	Himmelsmechanik	9
3.1	Motivation	10
3.2	Raum und Zeit	11
3.2.1	Raum-Koordinatensysteme	12
3.2.2	Zeitdefinition	19
3.3	Bewegungsgleichung der Himmelsmechanik	29
3.3.1	Herleitung der Kepler-Gleichung	29
3.3.2	Geometrische Deutung und Ableitung der Kepler-Gleichung.	39
3.4	Lösung der Kepler-Gleichung	42
3.4.1	Iterationsverfahren.	43
3.4.2	Reihenentwicklung	45
3.4.3	Mittelpunktsgleichung.	46
3.5	Himmelsmechanik unseres Sonnensystems.	48
3.5.1	Erdbahn (Ekliptik).	48
3.5.2	Berechnung der Kulmination der Sonne (Analemma) und ihrer Auf- und Untergänge	51
3.5.3	Berechnung von Planetenbahnen.	74
3.5.4	Das Mehrkörperproblem	88
3.5.5	Periheldrehung des Merkurs	95
3.5.6	Kometen.	108
3.6	Berechnungen zu Sonnenfinsternissen.	112
3.6.1	Mondbahn und Ekliptik – Auftreten der Finsternisse	113
3.6.2	Schattengrößen und Orte einer totalen Sonnenfinsternis.	115
3.6.3	Berücksichtigung der Abplattung der Erde	118
3.6.4	Finsternisdauer.	119
3.6.5	Zusammenfassende Darstellung des Algorithmus in MATLAB.	121

3.7	Gezeiten	123
3.7.1	Übergang von Punktmassen zu ausgedehnten Körpern. . . .	124
3.7.2	Gezeiten im Erde-Mond-(Sonne)-System	126
3.7.3	Gezeitentheorie nach Newton	127
3.7.4	Grundlagen der Potentialtheorie der Gravitation.	132
3.7.5	Grundidee der Gezeitentheorie nach Laplace	138
3.7.6	Gezeitenreibung.	141
3.8	Himmelsmechanik unseres Sonnensystems über lange Zeiträume.	150
3.8.1	Bahnparameter der Planeten in ihrer zeitlichen Entwicklung.	150
3.8.2	Berechnungen über einen Zeitraum von 10000 Jahren	151
3.8.3	Zeiträume von Millionen von Jahren – Klimaeffekte	153
3.9	Übungen zu Kap. 3 – Himmelsmechanik	155
3.9.1	Übungen zu Raum und Zeit in der Himmelsmechanik	155
3.9.2	Übungen zur Kepler-Gleichung.	156
3.9.3	Übungen zur Bewegung der Erde in der Ekliptik und zu Himmelsbeobachtungen von der Erde	158
3.9.4	Übungen zu Himmelsbeobachtungen von anderen Himmelskörpern aus	161
3.9.5	Übungen zu Monden, Kometen und Asteroiden	163
3.9.6	Übungen zu Gezeiten.	169
3.9.7	Übungen zu Stabilität von Planetenbahnen, zur Periheldrehung des Merkurs und zu Sonnenfinsternissen	172
3.9.8	Weiterführende Zusatzaufgaben und Probleme.	173
3.10	Tabellen	175
	Glossar	185
	Literatur.	192
4	Astrodynamik	195
4.1	Motivation	196
4.2	Grundlagen der Raketenphysik	198
4.2.1	Raketen-Gleichung	198
4.2.2	Nutzlast-Überlegungen	201
4.2.3	Prinzip der Stufenrakete.	203
4.3	Umlaufbahnen von künstlichen Himmelskörpern	206
4.3.1	Grundlegende Beziehungen aus der Himmelsmechanik für Satellitenbahnen um die Erde	207
4.3.2	Bestimmung der Bodenspuren künstlicher Satelliten	209
4.3.3	Topographische Beziehungen für die Beobachtungen künstlicher Satelliten	210
4.3.4	Bestimmung der Bahn künstlicher Satelliten vom Boden aus.	212
4.4	Manöver im Weltraum	218

4.4.1	Manöver mit impulsiven Schubphasen	219
4.4.2	Interplanetare Raumflüge zu den Nachbarplaneten der Erde	227
4.4.3	Lambert-Problem (Lambert-Transfer).	229
4.4.4	Manöver mit kontinuierlichem Schub	234
4.4.5	Gravity-Assist-Manöver	237
4.4.6	Interplanetarer Raumflug zur Sonne	246
4.5	Rendezvous im Weltall.	251
4.5.1	Dynamik und Kinematik eines Kopplungsmanövers	251
4.5.2	Rendezvous Space Shuttle und ISS	258
4.5.3	Wiederankopplung LM und CSM von Apollo 11	260
4.6	Start aus der Erdatmosphäre und Wiedereintritt	264
4.6.1	Kräfte im erdnahen Weltall	264
4.6.2	Raketenstart von der Erde	267
4.6.3	Wiedereintritt eines Raumschiffs in die Erdatmosphäre	271
4.7	Übungen zu Kap. 4 – Astrodynamik	280
4.7.1	Übungen zu Grundlagen der Raketenphysik	280
4.7.2	Übungen zu Umlaufbahnen	282
4.7.3	Übungen zu Manövern im Weltall	287
4.7.4	Übungen zu Rendezvous im Weltall	290
4.7.5	Start aus der Erdatmosphäre und Wiedereintritt	292
4.7.6	Weiterführende Zusatzaufgaben und Probleme	296
4.8	Tabellen	300
	Literatur.	304
	Stichwortverzeichnis.	307
	Personenverzeichnis	311