

# INHALTSVERZEICHNIS

## EINLEITUNG

### **TEIL I: NEWTONSCHE MECHANIK**

KAPITEL 1. RAUM, ZEIT UND BEWEGUNGSGLEICHUNGEN	2
1.1 Die Struktur von Raum und Zeit	3
1.2 Inertialsysteme, absolute Zeit, Galilei Transformationen	7
1.3 Bewegungsgleichungen eines Systems von Massenpunkten	12
1.4 Erhaltungssätze für abgeschlossene Systeme	22
1.5 Das Relativitätsprinzip der Newtonschen Mechanik	29
1.6 Die Struktur der Raum-Zeit Mannigfaltigkeit in der Newtonschen Mechanik	31
KAPITEL 2. UNTERSUCHUNG DER BEWEGUNGSGLEICHUNGEN	35
2.1 Allgemeines über Differentialgleichungen	35
2.2 Autonome kanonische Systeme mit einem Freiheitsgrad	50
2.3 Das Zweikörperproblem mit Zentralkräften	60
2.4 Beschleunigte Bezugssysteme	72

### **TEIL II: LAGRANGE-MECHANIK**

KAPITEL 3. LAGRANGESCHE BEWEGUNGSGLEICHUNGEN UND HAMILTONSCHES VARIATIONSPRINZIP	88
3.1 Die Lagrangeschen Bewegungsgleichungen 2. Art	88
3.2 Kovarianz der Eulerschen Ableitung	93
3.3 Das Hamiltonsche Variationsprinzip	95
3.4 Symmetrien und Erhaltungssätze	97
KAPITEL 4. SYSTEME MIT ZWANGSBEDINGUNGEN	103
4.1 Holonome und nichtholonome Zwangsbedingungen	103
4.2 Das D'Alembertsche Prinzip	107
4.3 Die Lagrangeschen Gleichungen 1. Art	109
4.4 Verallgemeinerte Koordinaten, Lagrangesche Gleichungen 2. Art	113

# TEIL III: DIE HAMILTONSCHE FORMULIERUNG DER MECHANIK

KAPITEL 5. PHASENRAUM, KANONISCHE GLEICHUNGEN UND SYMPLEKTISCHE TRANSFORMATIONEN	124
A. Legendre Transformation	125
B. Kanonische Gleichungen	130
C. Symplektische Transformationen	135
D. Formulierung mit Differentialformen	142
Anhang. Wiederkehr-Theorem von Poincaré, statistischer Ergodensatz und quasi-periodische Strömung auf dem Torus	147
KAPITEL 6. KLEINE SCHWINGUNGEN, PARAMETRISCHE RESONANZ UND STABILITÄT VON GLEICHGEWICHTSLAGEN	158
6.1 Linearisierung, Ljapunovstabilität	158
6.2 Kleine Oszillationen	170
6.3 Parametrische Resonanz	184
6.4 Gleichgewichtslagen im restringierten 3-Körperproblem	189
Anhang. Beweise der Sätze 6.3, 6.4	198
KAPITEL 7. KANONISCHE TRANSFORMATIONEN	201
7.1 Die Poisson-Klammern	201
7.2 Charakterisierungen von kanonischen Transformationen	209
7.3 Erzeugende Funktionen von kanonischen Transformationen	215
KAPITEL 8. SYMMETRIEN UND ERHALTUNGSSÄTZE	222
8.1 Integrale der Bewegung	222
8.2 Galileiinvarianz und die zehn klassischen Erhaltungssätze	224
8.3 Liesche Gruppen von kanonischen Transformationen	229
8.4 Projektive Realisierungen der Galileigruppe	241
KAPITEL 9. DIE HAMILTON-JACOBI THEORIE	246
KAPITEL 10. INTEGRABLE SYSTEME, KANONISCHE STÖRUNGSTHEORIE	259
10.1 Integrable Systeme	259
10.2 Winkel- und Wirkungsvariable	263
10.3 Störungstheorie	268
10.4 Adiabatische Invarianten	280
10.5 Qualitatives Verhalten von autonomen kanonischen Systemen in der Nähe von integrablen Systemen	287
10.6 Winkel- und Wirkungsvariable für mehrfach periodische Systeme	296
10.7 Störungstheorie für entartete Systeme	301

## VII

KAPITEL 11. DER STARRE KÖRPER	308
11.1 Kinematik des starren Körpers	308
11.2 Die Eulerschen Gleichungen für den starren Körper	313
11.3 Der kräftefreie Kreisel	315
11.4 Die Eulerschen Winkel	324
11.5 Kanonische Formulierung und gruppentheoretische Interpretation	328
11.6 Der schwere Kreisel mit Fixpunkt	335
11.7 Winkel- und Wirkungsvariablen für den schweren symmetrischen Kreisel	344

## MATHEMATISCHE ANHÄNGE

ANHANG I. BEGRIFFE UND SÄTZE AUS DER ANALYSIS	347
A. Differentialrechnung im $\mathbb{R}^n$	347
B. Differentialformen	350
ANHANG II. LINEARE LIESCHE GRUPPEN	357
1. Die volle lineare Gruppe $GL(n, K)$ , $K = \mathbb{R}, \mathbb{C}$	357
2. Differenzierbare Mannigfaltigkeiten im $\mathbb{R}^n$	358
3. Tangentialraum, Tangentialabbildung	364
4. Vektorfelder auf Mannigfaltigkeiten	365
5. Lineare Liesche Gruppen	366
6. Die Liealgebra einer linearen Lieschen Gruppe	367
7. Die Exponential-Darstellung	370
8. Homomorphismen von Liegruppen und Liealgebren	373
9. Liesche Transformationsgruppen	375
ANHANG III. BERECHNUNG DER INTEGRALE (10.100)	384
UEBUNGEN	386
LITERATUR	395
SACHWORTVERZEICHNIS	397