

Theoretische Mechanik

Vorlesungsnotizen vom SS06

A. Hebecker
ITP, Uni Heidelberg

Vorbemerkungen	1
1 Grundbegriffe der Newtonschen Mechanik	
1.1 Kinematische Grundbegriffe	2
1.2 Dynamische Grundbegriffe	3
1.3 Newtonsche Axiome	4
1.4 Beschreibung der Bewegung durch Differentialgleichungen	4
1.5 Freier Fall mit Reibung	6
1.6 Elementarer Zugang zum starren Körper	8
2 Erhaltungssätze in der Newtonschen Mechanik	
2.1 Impulserhaltung	10
2.2 Drehimpulserhaltung	10
2.3 Konservative Kräfte, Energieerhaltung	11
2.4 Eindimensionale Bewegung	13
2.5 Energieerhaltung für Systeme von Massenpunkten	14
2.6 Verallgemeinerungen des Stokes'schen Satzes	15
3 Symmetrien der Raum-Zeit	
3.1 Der euklidische Raum	16
3.2 Orthogonale Transformation	18
3.3 Tensoren	19
3.4 Galilei-Transformationen	21
3.5 Affiner Raum	24
3.6 Invarianz der Dynamik	25
4 Scheinkräfte	
4.1 Beschleunigte (nichtrotierende) Bezugssysteme	27
4.2 Kleine Drehungen	28
4.3 Rotierende Koordinatensysteme	30
5 Lagrange-Formalismus	
5.1 Variationsrechnung	33
5.2 Das Prinzip der kleinsten (extremalen) Wirkung	36
5.3 Einfache Anwendungen der Lagrange-Gleichungen	38
5.4 Vereinfachte Herleitung der Lagrangeschen Gleichungen	40
5.5 Ausblick auf Quantenmechanik	42

6 Symmetrie und Erhaltungssätze

6.1 Symmetrie-Motivation der Lagrange-Fkt. der klass. Mechanik	43
6.2 Energieerhaltung	44
6.3 Erhaltung des verallgemeinerten Impulses	45
6.4 Noether-Theorem	46
6.5 Eine anwendungsorientierte Formulierung des Noether-Theorems und einige Beispiele	48
6.6 Homogene Funktionen und der Satz von Euler	50
6.7 Mechanische Ähnlichkeit	51
6.8 Virialsatz	53

7 Das Zentralkraftproblem

7.1 Motivation	55
7.2 Bewegung im allgemeinen Zentralkraftpotential	56
7.3 Zwei-Körper-Problem	58
7.4 Kepler-Problem - qualitativ	59
7.5 Kepler-Problem - Bahnform	59.1

8 Gravitation ausgedehnter Körper

8.1 Potential einer Massenverteilung	60
8.2 Gravitationspotential einer Kugelschale	61
8.3 Gaußscher Satz für Gravitation	62
8.4 Feldgleichung für das Gravitationspotential	65

9 Zerfalls- und Stoßprozesse

9.1 Teilchenzerfall	67
9.2 Elastischer Stoß	70
9.3 Elastischer Stoß am ruhenden Target	71
9.4 Stoßparameter und Streuwinkel	73
9.5 Der Wirkungsquerschnitt	75
9.6 Rutherford-Streuung	78

10 Trägheitsmoment & Trägheitstensor

10.1 Rotation um eine feste Achse	80
10.2 Satz von Steiner	81
10.3 Trägheitstensor	82
10.4 Das Trägheitsellipsoid	87

11 Der Kreisel

11.1 Eulersche Gleichungen	91
11.2 Freier Kreisel - geometrisch	92
11.3 Poincot Konstruktion	94
11.4 Freier Kreisel - analytisch	95
11.5 Kreisel im Schwerfeld - vereinfacht	96
11.6 Eulersche Winkel	97
11.7 Symmetrischer Kreisel im Schwerfeld	98

12 D'Alembertsches Prinzip und Lagrangesche Gleichungen 1. & 2. Art	
12.1 Arten von Zwangsbedingungen	101
12.2 Prinzip der virtuellen Arbeit	102
12.3 D'Alembertsches Prinzip	104
12.4 D'Alembertsches Prinzip mit verallg. Koordinaten & Kräften	104
12.5 Lagrangesche Gleichungen 1. Art	106
12.6 Lagrangesche Gleichungen 2. Art	108
13 Hamilton-Formalismus	
13.1 Die Legendre-Transformation	110
13.2 Die Hamilton-Funktion	114
13.3 Hamiltonsche Bewegungsgleichungen	115
13.4 Konfigurationsraum & Phasenraum	116
14 Poisson-Klammer	
14.1 Definition der Poisson-Klammer	118
14.2 Die Poisson-Klammer als Lie-Algebra-Operation	119
14.3 Herleitung der Jacobi-Identität	120
14.4 Poissonklammer & Vektorfelder	122
14.5 Die Drehimpuls-Lie-Algebra der Hamilton-Mechanik	123
14.6 Die Drehimpuls-Lie-Algebra als Lie-Algebra der $SO(3)$	124
14.7 Satz von Liouville	126
15 Kanonische Transformationen/Hamilton-Jacobi-Theorie	
15.1 Punkttransformationen und kanonische Transformationen	128
15.2 Wirkungsprinzip der Hamilton-Mechanik	130
15.3 Erzeugende Funktion(en) für die	131
kanonischen Transformationen	
15.4 Infinitesimale kanonische Transformationen	133
15.5 Hamilton-Jacobi-Theorie	135
16 Integrierte & nicht-integrierte Systeme, Chaos	
16.1 Integrierbarkeit	137
16.2 Chaos	141
17 Schwingungen, Kontinua	
17.1 Kleine Schwingungen von Systemen mit einem Freiheitsgrad	144
17.2 Kleine Schwingungen von Systemen mit	144
mehreren Freiheitsgraden	
17.3 Lineare Kette, Kontinuumsmodelle	146
17.4 Schwingende Saite	148
17.5 (Ideale) Hydrodynamik	149
Nachwort	150