

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung und Vorbemerkungen zu einigen wichtigen Konzepten ..	1
1.1 Zum Raumbegriff	2
1.2 Zur Struktur des euklidischen Raumes	4
1.3 Die Zeit	6
1.4 Zuordnungen und Funktionen	7
1.4.1 Fahrpläne	7
1.4.2 Funktionen	8
1.4.3 Zahlenfolgen und Konvergenz	12
1.4.4 Stetigkeit einer Funktion	14
1.4.5 Differenzierbarkeit und Geschwindigkeit	16
1.4.6 Die Beschleunigung	19
1.5 Zur Frage der Äquivalenz verschiedener Darstellungen	19
1.5.1 Elementare Abhängigkeiten	19
1.5.2 Umkehrbarkeit von "Zahlenfunktionen" und Wechsel der unabhängigen Variable	22
1.5.2 Freie Wahl der unabhängigen Variable	26
2. Vektorrechnung und Kinematik des Massenpunktes im Raum	31
2.1 Vektoralgebra	31
2.1.1 Punkte im euklidischen Raum und Ortsvektoren	31
2.1.2 Allgemeine Vektoren und lineare Vektorräume	35
2.1.3 Das Skalarprodukt zweier Vektoren	36
2.1.4 Lineare Unabhängigkeit, Dimension und kartesische Koordinatensysteme	40
2.1.4.1 Lineare Unabhängigkeit und Dimension eines Vektorraums	41
2.1.4.2 Orthonormale Basen und kartesische Koordinatensysteme	43
2.1.4.3 Das Rechnen in Komponenten	45

2.1.5	Vektorprodukte	46
2.1.5.1	Das Kreuzprodukt	46
2.1.5.2	Mehrfache Kreuzprodukte	50
2.1.5.3	Das Spatprodukt	52
2.2	Vektoranalysis I: Kurven und Bahnen	53
2.2.1	Zur Begriffsbestimmung	53
2.2.2	Differentiationsprozesse	56
2.2.2.1	Differentiation einer Bahn nach einem Parameter	56
2.2.2.2	Differentiation von Produkten	56
2.2.2.3	Geschwindigkeit und Beschleunigung	57
2.2.3	Integrationen mit Vektoren	58
2.2.3.1	Integration von Bahnen	58
2.2.3.2	Die Kurvenlänge	58
2.2.4	Das begleitende Dreibein	62
2.2.4.1	Der Tangentenvektor	62
2.2.4.2	Normale und Binormale	63
2.2.4.3	Die Frenetschen Formeln	64
2.2.5	Beispiele	66
2.2.5.1	Die Kreislinie	66
2.2.5.2	Die Schraubenlinie	68
2.2.5.3	Die gleichmäßige Bewegung auf dem Kreise .	70
2.2.5.4	Die Tangential- und die Normal- beschleunigung	70
2.3	Felder	71
2.3.1	Stetigkeit und Differenzierbarkeit von Feldern ...	72
2.3.1.1	Stetigkeit	72
2.3.1.2	Differenzierbarkeit	74
2.3.1.3	Heuristisches über Mannigfaltigkeiten im Raum	79
2.3.1.4	Der Begriff des Differentials	84
2.3.2	Differentialformen und Kurvenintegrale	89
2.3.2.1	Totale Differentiale und Differential- formen	89
2.3.2.2	Kurvenintegrale	92
3.	Grundlegung der Newtonschen Mechanik	96
3.1	Über Axiome und Prinzipien	96

3.2	Die Newtonsche Formulierung der Prinzipien der Mechanik ...	99
3.3	Analyse und Konkretisierung von Newtons Aussagen	101
3.3.1	Analyse der Aussagen I	101
3.3.2	Bewegte Bezugssysteme	103
3.3.3	Analyse der Aussagen II	109
3.4	Zusammenstellung der Prinzipien der Mechanik	114
3.5	Das Grundproblem der Mechanik	116
4.	Fundamentale Begriffe und Konzepte der Mechanik	118
4.1	Abgeschlossene und offene Systeme	118
4.2	Arbeit, Leistung, Energie	120
4.2.1	Das Kraftfeld	120
4.2.2	Arbeit und Leistung	121
4.2.3	Die kinetische Energie des Massenpunktes	122
4.2.4	Konservative Kräfte und das Potential	123
4.2.5	Die potentielle Energie und der Energiesatz der Punktmechanik	124
4.3	Drehmoment, Drehimpuls und Zentralkräfte	129
4.3.1	Drehimpuls und Drehmoment	129
4.3.2	Zentralkräfte	130
4.3.3	Bedeutung der Drehimpulserhaltung für die Bewegung	133
4.3.4	Der Gesamtdrehimpuls von Systemen von Massenpunkten	135
4.4	Der Kraftstoß und Stoßgesetze	137
4.4.1	Der Kraftstoß	137
4.4.2	Die Diracsche δ -Funktion	138
4.4.3	Stoßgesetze	145
4.4.3.1	Stoßkinematik des Zweierstoßes	145
4.4.3.2	Bedeutung von Stoßprozessen in der Physik	155
5.	Einfache Beispiele für die Dynamik eines Massenpunktes	157
5.1	Parallele Kraftfelder	157
5.1.1	Das Schwerfeld	159
5.1.2	Zwangskräfte I: Die Bewegung auf einer Kurve im Schwerfeld	161
5.1.2.1	Bewegung auf der Geraden und der schiefen Ebene	163
5.1.2.2	Bewegung auf dem vertikalen Kreis	165

5.2	Reibungskräfte als dissipative Kräfte	167
5.2.1	Allgemeine Beschreibung von Bewegungen mit Reibung	167
5.2.2	Ursachen und spezielle Formen der Reibung	171
5.2.3	Beispiele	174
5.2.3.1	Schiefe Rinne mit Coulomb-Reibung	174
5.2.3.2	Der lotrechte Fall mit Stokesscher und Newtonscher Reibung	176
6.	Der harmonische Oszillator	179
6.1	Modell und physikalische Bedeutung	179
6.2	Die Bewegung des harmonischen Oszillators	182
6.2.1	Elementare Lösung der Bewegungsgleichung	182
6.2.2	Einige Resultate aus der Theorie der Differentialgleichungen	185
6.2.2.1	Allgemeine Resultate	186
6.2.2.1	Lineare Differentialgleichungen	189
6.2.2.3	Verifizierung am Beispiel des harmonischen Oszillators	192
6.2.3	Mathematischer Exkurs: Komplexe Zahlen	192
6.2.3.1	Imaginäre und komplexe Zahlen	193
6.2.3.2	Komplexe Funktionen	198
6.2.3.3	Anwendung auf den harmonischen Oszillator ..	204
6.2.3.4	Der komplexe und der unitäre Vektorraum ..	206
6.3	Der gedämpfte Oszillator	209
6.3.1	Die Integration der Bewegungsgleichung	210
6.3.2	Diskussion der Lösungen	212
6.4	Der harmonische Oszillator unter Einwirkung einer äußeren Kraft	216
6.4.1	Bewegungsgleichung und Greensche Funktion	216
6.4.2	Der Fall der periodischen Erregung	221
6.4.2.1	Lösung unter Verwendung der Greenschen Funktion	221
6.4.2.2	Lösung mittels der direkten Methode	223
6.4.3	Elementare Einschwingvorgänge	230
6.4.4	Die Suszeptibilität des Oszillators	235

6.5 Der dreidimensionale harmonische Oszillator	239
6.5.1 Gleiche Frequenzen	239
6.5.1.1 Der dämpfungsfreie Fall	239
6.5.1.2 Der gedämpfte Fall	244
6.5.2 Unterschiedliche Frequenzen	245

Übungsaufgaben	247
Register	269