

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	v
1 Physikalische Größen als C++-Datentypen	1
1.1 Physikalischen Größen	1
1.2 C++ Basisklasse für physikalischen Größen	2
1.3 Gültige und ungültige Werte	5
1.4 Schnittstelle für Skalare	7
1.5 Die Länge und der Winkel	13
1.6 Die Zeit und die Effektivgeschwindigkeit	16
1.7 Addition und Subtraktion von physikalischen Größen	21
1.8 Vektorielle Größen	25
1.9 Ortsvektoren und Verschiebung bei einer Geradlinigen Bewegung	27
1.10 Aufgaben	32
2 Kinetische Energie und Arbeitssatz	35
2.1 Masse Energie und Kraft	35
2.2 Arbeit als Differenz von kinetischen Energien	41
2.3 Arbeit, die von einer Kraft verrichtet wird	44
2.4 Arbeit und konservative Kräfte	47
2.5 Aufgaben	49
3 Geradlinige Bewegungen	51
3.1 Beschreibung der geradlinigen Bewegung	51
3.2 Modell für die geradlinige Bewegung	53
3.3 Berechnung der Zeit	57
3.4 Beispiel: Ortsfunktion dritten Grades	60
3.5 Die Beschreibung der geradlinigen Bewegung mit Polynomen	65
3.6 Generierung von Bewegungspolynomen	71
3.7 Hilfsfunktionen zur Generierung von Bewegungspolynomen für $v = \text{const}$...	76
3.8 Aufgaben	80
4 Geradlinige Bewegung mit konstanter Beschleunigung	83
4.1 Generierung von Bewegungsgleichungen	83
4.2 Bewegung mit Beschleunigung und anschließender konstanter Geschwindigkeit	86
4.3 Anfangs- und Endgeschwindigkeit bei konstanter Beschleunigung	87
4.4 Bewegung mit konstanter Beschleunigung, Berechnung aus bekannten Daten	88
4.5 Bremszeit bei konstanter Verzögerung	90
4.6 Zeiten für beschleunigte und gleichförmige Bewegung	91
4.7 Berechnung einer konstanten Beschleunigung	93
4.8 Zwei Objekte beschleunigen und treffen sich nach einer bestimmten Strecke .	94
4.9 Überholvorgang zweier Teilchen	95
4.10 Zeitpunkt und Ort der Begegnung zweier Teilchen, die sich unterschiedlich lange bewegen	97

4.11	Überholvorgang mit Anfangsabstand	98
4.12	Aufgaben	100
5	Die Beschreibung der geradlinigen Bewegung mithilfe von Datenreihen	103
5.1	Diagramme und Bewegungsgleichungen	103
5.2	Beispiel: Bewegungsdaten aus x - t -Diagrammen	105
5.3	Bewegung aus v - t -Diagrammen	108
5.4	Aufgaben	110
6	Numerische Lösung von Bewegungsgleichungen	113
6.1	Fallbeispiel	113
6.2	Das Modell	116
6.3	Lösung ohne Abbruchbedingung	122
6.4	Lösungen mit Abbruchbedingung	125
6.5	Lösung für vorgegebene Zeiten	129
6.6	Suche nach Vorzeichenwechsel	131
6.7	Vorzeichenwechsel als generelles Kriterium	134
6.8	Aufgaben	137
7	Der Freie Fall	139
7.1	Senkrechter Wurf mit Anfangsgeschwindigkeit ohne Anfangshöhe	140
7.2	Rechenmodelle für den freien Fall	143
7.3	Teilchen wird aus Anfangshöhe nach oben geworfen	150
7.4	Distanz zwischen zwei Höhen	152
7.5	Treffpunkt zweier Teilchen im freien Fall	154
7.6	Zwei Teilchen fallen mit Zeitunterschied	156
7.7	Stein fällt in einen Brunnen	159
7.8	Teilchen wird von einem Aufzug fallen gelassen	161
7.9	Teilchen wird in einem beschleunigten Aufzug fallen gelassen	163
7.10	Aufgaben	164
8	Allgemeine geradlinige Bewegung	167
8.1	Zeitabhängige Beschleunigung	167
8.2	Ortsabhängige Beschleunigung	169
8.3	Geschwindigkeitsabhängige Beschleunigung Bremsvorgang	171
8.4	Geschwindigkeitsabhängige Beschleunigung II	173
8.5	Variable Beschleunigung abhängig von der Zeit	174
8.6	Variable Geschwindigkeit abhängig von der Zeit	176
8.7	Bewegungsdaten aus a - t -Diagrammen	178
8.8	Aufgaben	180
9	Schiefer Wurf	181
9.1	Einführendes Beispiel	181
9.2	Das Computermode ll	183
9.3	Teilchen erreicht beim Flug zwei Mal dieselbe Höhe	187

9.4	Stein trifft auf Wand	189
9.5	Schiefer Wurf auf schiefer Ebene	191
9.6	Projektil trifft Teilchen	196
9.7	Projektil landet auf eine parabelförmige Kuppel	199
9.8	Zwei Projektile treffen sich in der Luft	201
9.9	Aufgaben	203
10	Vektoren in der Ebene	205
10.1	Die Klasse für Vektoren	205
10.2	Zugriff auf Daten und Info und Ausgabe	209
10.3	Generierung von Metadaten Information	210
10.4	Zugriff auf Vektordaten mittels Index	215
10.5	Überprüfung der Gültigkeit der Komponenten eines Vektors	217
10.6	Umrechnung zwischen den Darstellungen	218
10.7	Die Ausgabe	222
10.8	Lesen von Komponenten	226
10.9	Mathematische Operationen	230
10.10	Drehung des Vektors oder des Koordinatensystems	238
10.11	Aufgaben	245
11	Kraft	247
11.1	Kräfte und Kräftetypen	247
11.2	Die Kraft als Vektor	249
11.3	Gewichts- und Normalkraft	252
11.4	Zugkräfte	255
11.5	Das dritte Newtonsche Gesetz (Actio Reactio)	256
11.6	Das zweite Newtonsche Gesetz	257
11.7	Kraft und Bewegungsgleichungen	263
11.8	Aufgaben	264
12	Kräftediagramme	265
12.1	Kräfte, die auf ein Massenteilchen wirken	265
12.2	Testszenarien	272
12.3	Funktion zur Analyse einer Kräfteliste	274
12.4	Berechnung einer fehlenden Kraft oder der Komponente einer Kraft	278
12.5	Berechnung von zwei fehlenden Komponenten	284
12.6	Der nicht lineare Fall	290
12.7	Freie Funktionen	297
12.8	Aufgaben	304
13	Gleichgewicht von Punktmassen	305
13.1	Kugel befestigt mit einem Seil von der Decke	305
13.2	Masse befestigt an drei Seilen	307
13.3	Zwei Massen befestigt mit einem System aus Seilen und einer Rolle	309
13.4	Zwei Massen befestigt an einem System aus Seilen	310

13.5	Masse befestigt an einem Seil und zwei Federn	313
13.6	Masse ist mit zwei Seilen an einer Wand befestigt	315
13.7	Masse hängt an drei Schnüren und befindet sich im Gleichgewicht	317
13.8	Aufgaben	319
14	Flussüberquerung	321
14.1	Fallbeispiele	322
14.2	Formeln für die Flussüberquerung bei konstanter Stromgeschwindigkeit	324
14.3	Das Computermode ll	326
14.4	Erster Test des Modells	331
14.5	Fahrt Flussaufwärts (Zweiter Test des Modells)	332
14.6	Boot steuert gegenüberliegenden Punkt an	335
14.7	Berechnung der Strömungsgeschwindigkeit	336
14.8	Zwei Schwimmer überqueren einen Fluss	337
14.9	Überquerung mit minimaler Drift	339
14.10	Aufgaben	341
15	Horizontale und vertikale Bewegung mit Reibung	343
15.1	Eigenschaften der horizontalen und vertikalen Bewegung	344
15.2	Orientierung der Reibungs- und der Normalkraft	344
15.3	Block bewegt sich geradlinig unter Einwirkung einer Kraft mit Gleitreibung .	347
15.4	Modell für die Reaktionskraft	353
15.5	Modell für die horizontale und vertikale Bewegung mit Reibung	355
15.6	Programmierung von Kräftediagrammen	359
15.7	Der Reibungskoeffizient	367
15.8	Eine Elementfunktion für mehrere Aufgaben	370
15.9	Anwendungen	375
15.10	Massen im Gleichgewicht durch Seile und Haftreibung	378
15.11	Aufgaben	384
16	Massen in Kontakt	387
16.1	Zwei Massen in Kontakt und eine äußere Kraft	387
16.2	Zwei Massen in Kontakt auf horizontaler Ebene mit Reibung	390
16.3	Masse wird an eine größere Masse gedrückt	392
16.4	Klotz gleitet auf einer Platte mit Reibung	395
16.5	Klotz auf Platte mit Reibung, Kraft wirkt auf obere Masse	398
16.6	Klotz gleitet auf Platte, auf den Klotz wirkt eine variable Kraft	400
16.7	Aufgaben	403
17	Massen verbunden mit Seilen	405
17.1	Reibungsfreie geradlinige Bewegung von zwei miteinander verbundenen Massen	405
17.2	Horizontale und vertikale Bewegung zweier Massen	408
17.3	Beschleunigte Atwoodsche Fallmaschine	411
17.4	Aufgaben	415

18 Schiefe Ebenen	417
18.1 Ein Modell für die schiefe Ebene	417
18.2 Das Gewicht	420
18.3 Berechnung des Neigungswinkels	421
18.4 Kräftemodell für die schiefe Ebene	423
18.5 Gleichgewicht und Haftreibung	425
18.6 Maximaler Haftreibungskoeffizient	426
18.7 Die Bewegungsgleichungen für eine einfache schiefe Ebene	429
18.8 Zwei Klötze entlang einer schiefen Ebene	445
18.9 Minimale externe Kraft	449
18.10 Optimaler Winkel für minimale Zeit	453
18.11 Massenverhältnis und Bewegungsgleichungen für zwei Klötze auf schräger Ebene mit Verbindung durch ein Seil	457
18.12 Aufgaben	461
19 Impuls und Kraftstoß	463
19.1 Impuls und Kraftstoß	464
19.2 Ein Klotz bewegt sich unter dem Einfluss einer konstanten externen Kraft	472
19.3 Klotz trifft auf Hindernis und kommt zum Stillstand	473
19.4 Klotz wird durch zeitabhängige Kraft in Bewegung gesetzt	474
19.5 Kraftstoß zweier zeitabhängiger Kräfte	476
19.6 Zeitabhängige Kraft wirkt auf Objekt	478
19.7 Körper explodiert in zwei Teile	479
19.8 Schiefer Wurf	481
19.9 Klotz gleitet eine schiefe Ebene hinauf	482
19.10 Kugel befestigt an einem Seil wird fallen gelassen	484
19.11 Stoß einer zu Boden fallenden Kugel	486
19.12 Variable Kraft entlang einer schiefen Ebene	487
19.13 Variable Kraft wirkt auf Objekt	489
19.14 Aufgaben	491
20 Rotation	493
20.1 Frequenz, Periode Umdrehungen pro Sekunde	493
20.2 Winkelposition, Bogenlänge und Drehwinkel	495
20.3 Die Winkelgeschwindigkeit	498
20.4 Die Winkelbeschleunigung	500
20.5 Aufgaben	507
21 Kreisbewegung	509
21.1 Vektoren in polarer Darstellung	509
21.2 ComputermodeLL für die Kreisbewegung	511
21.3 Vektoren für Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung	526
21.4 Numerische Berechnung von Bewegungsdaten	532
21.5 Diverse Beispiele	537
21.6 Aufgaben	547

Literaturverzeichnis 549

Index 551