

Wirtschaftswissenschaftliche Bücherei für Schule und Praxis
Begründet von Handelsschul-Direktor Dipl.-Hdl. Friedrich Hutkap †

Der Verfasser:

Dr. Jens Kircher

Fast alle in diesem Buch erwähnten Hard- und Softwarebezeichnungen sind eingetragene Warenzeichen.

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis zu § 52a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingesannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen.

* * * * *

Die in diesem Buch zitierten Internetseiten wurden vor der Veröffentlichung auf rechtswidrige Inhalte untersucht. Rechtswidrige Inhalte wurden nicht gefunden.

Stand: Juli 2013

Für Schäden durch im Buch genannte Softwareinstallationen wird nicht gehaftet.

1. Auflage 2013

© 2013 by MERKUR VERLAG RINTELN

Gesamtherstellung:

MERKUR VERLAG RINTELN Hutkap GmbH & Co. KG, 31735 Rinteln

E-Mail: info@merkur-verlag.de

lehrer-service@merkur-verlag.de

Internet: www.merkur-verlag.de

ISBN 978-3-8120-0348-3

Inhalt

Vorbemerkungen	11
Zielsetzung	11
Aufbau	12
Lernen lernen	14
Lesen	15
1 Einführung	16
1.1 Gegenstand der Physik	16
1.2 Vorgehensweise der Physik	16
1.2.1 Theorie und Experiment	16
1.2.2 Reproduzierbarkeit	18
1.3 Wie arbeitet ein Physiker?	21
1.4 Giving Credit – wie zitiert man richtig?	23
1.5 Physikalische Größen und ihre Darstellung	27
1.5.1 Größen und Einheiten	27
1.5.2 Maßzahlen	30
1.5.3 Grafische Darstellung	32
1.6 Messfehler	35
1.6.1 Statistische Fehler	35
1.6.2 Systematische Fehler	41
2 Kräfte	43
2.1 Kräfte und Wechselwirkungen	43
2.1.1 Gravitationswechselwirkung	43
2.1.2 Coulomb-Wechselwirkung oder elektrische Wechselwirkung	45
2.1.3 Starke und schwache Wechselwirkung	46
2.1.4 Woher kommen die elementaren Wechselwirkungen?	47
2.1.5 Masse und Gewicht	47
2.1.6 Kontaktwechselwirkung und Einteilung der Kräfte	53
2.2 Kräfte als Vektoren	56

2.3 Kräfte diagramme	63
2.3.1 Die Resultierende zweier Kräfte	64
2.3.2 Zerlegung einer Kraft in Komponenten	76
2.3.3 Actio – Reactio	83
2.3.4 Kräftegleichgewicht	84
2.3.5 Statisches Gleichgewicht bei einer Punktmasse	86
2.4 Reibungskräfte	99
2.4.1 Haftkraft und Gleitreibungskraft	99
2.4.2 Antriebs- und Fahrtwiderstandskräfte	101
2.5 Hooke'sches Gesetz	106

3 Bewegungslehre 109

3.1 Einfache Bewegung einer Punktmasse	109
3.2 Bewegung in einer Dimension	116
3.2.1 Die „kräftefreie“ Bewegung	116
3.2.2 Die Bewegung mit gleichbleibender Kraft	127
3.2.3 Ortsänderung im $v(t)$ -Diagramm	137
3.2.4 Zusammenfassung: Elementare Bewegungen	139
3.2.5 Ungleichförmige Bewegung	145
3.2.6 Geschwindigkeit und Durchschnittsgeschwindigkeit	145
3.2.7 Zusammenhang zwischen Beschleunigung und angreifender Kraft	147
3.2.8 Bewegung mit Reibung	154
3.2.9 Der freie Fall	158
3.2.10 Anfangsbedingungen	163
3.3 Überlagerung von Bewegungen (eindimensional)	179
3.3.1 Vorbemerkung	179
3.3.2 Abbremsen aus gleichförmig geradliniger Bewegung	180
3.3.3 Senkrechter Wurf nach oben	183
3.3.4 Modellierung von eindimensionalen Bewegungen	187
3.4 Überlagerung von Bewegungen (zweidimensional)	190
3.4.1 Horizontaler Wurf	190
3.4.2 Schiefer Wurf vom Boden aus	196
3.4.3 Schiefer Wurf von einer Abschusshöhe h_0 aus	201

4 Erhaltungsgrößen 206

4.1 Erhaltung von physikalischen Größen	206
4.2 Arbeit und Energie	207
4.2.1 Arbeit	207
4.2.2 Energie und Energieerhaltung	224
4.2.3 Leistung	248
4.2.4 Wirkungsgrad	251
4.3 Impuls und Impulserhaltung	254
4.3.1 Impuls einer Punktmasse	254
4.3.2 Impulserhaltung für ein Teilchen	254
4.3.3 Impuls von zwei Teilchen	255
4.3.4 Abgeschlossene Systeme	256
4.3.5 Warum Impuls?	257
4.4 Stoßvorgänge	263
4.4.1 Vorbemerkungen	263
4.4.2 Vollkommen elastischer gerader Stoß	264
4.4.3 Sonderfälle für den elastischen Stoß	266
4.4.4 Vollkommen unelastischer Stoß	270

5 Kreisbewegung 276

5.1 Einführung	276
5.1.1 Winkelgeschwindigkeit	278
5.1.2 Bahngeschwindigkeit und Geschwindigkeitsvektor bei Kreisbewegungen ..	281
5.2 Zentripetalkraft und Zentripetalbeschleunigung	283
5.2.1 Welche Kraft zwingt einen Körper in eine Kreisbahn?	283
5.2.2 Gibt es die Zentrifugalkraft?	289
5.3 Weitergehende Anwendungen für die Kreisbewegung	292
5.3.1 Anwendungsbeispiel: Wann reißt das Seil?	292
5.3.2 Anwendungsbeispiel: Ebene Kurvenfahrt	293
5.3.3 Anwendungsbeispiel: Kreisfahrt mit dem Motorrad	297
5.3.4 Anwendungsbeispiel: Überhöhte Kurve	301
5.3.5 Anwendungsbeispiel: Kettenkarussell	301
5.3.6 Anwendungsbeispiel: Steilwandfahrt	303
5.3.7 Anwendungsbeispiel: Loopingfahrt	305
5.3.8 Anwendungsbeispiel: Geostationäre Umlaufbahnen	312
5.3.9 Nichtstationäre Satellitenbahnen	312
5.3.10 Bewegung im Zentralfeld	314
5.3.11 Geschichte der Himmelsmechanik	318

6 Elektrizitätslehre 325

6.1	Elektrische Ladung	325
6.1.1	Eigenschaften der Ladung	325
6.1.2	Geladene und ungeladene Teilchen – ein Ausflug in die Mikrowelt	326
6.2	Elektrische Kraft und Coulomb-Wechselwirkung	330
6.3	Das elektrische Feld	336
6.3.1	Definition	336
6.3.2	Vergleich Coulomb-Wechselwirkung – Gravitations-Wechselwirkung	338
6.3.3	Elektrische Feldlinien	339
6.3.4	Berechnung von E-Feldern	343
6.3.5	Der (statisch geladene) Kondensator	359
6.4	Das elektrische Potential	368
6.4.1	Arbeit im elektrischen Feld eines Kondensators	368
6.4.2	Spannung	370
6.4.3	eV als Einheit der Arbeit	371
6.4.4	Spannung: Vergleich Coulomb-Wechselwirkung – Gravitationswechselwirkung	371
6.4.5	Das elektrische Potential	372
6.4.6	Potential: Vergleich Coulomb-Wechselwirkung – Gravitationswechselwirkung	372
6.4.7	Kapazität	376
6.4.8	Im Kondensator gespeicherte Arbeit	380
6.5	Bewegung im elektrischen Feld – Braun’sche Röhre	387
6.5.1	Anfänglich ruhendes Teilchen	387
6.5.2	Longitudinales elektrisches Feld: der Beschleunigungskondensator	388
6.5.3	Beschleunigungskondensator: Behandlung mit Energiesatz	392
6.5.4	Transversales elektrisches Feld: Ablenkkondensator	395
6.5.5	Ablenkkondensator mit einem Schirm	397
6.6	Ausflug in die Festkörperphysik I	404
6.6.1	Einfache Modelle für einen Isolator und ein Metall	404
6.6.2	Leiter im elektrischen Feld	405
6.6.3	Nichtleiter im elektrischen Feld: Polarisation	408
6.6.4	Kapazität eines Plattenkondensators mit Dielektrikum zwischen den Platten	409
6.6.5	Leiter im elektrischen Feld: Drude-Theorie der elektrischen Leitfähigkeit ..	411

6.7 Stromkreise I: Gleichstromkreise	419
6.7.1 Stromkreise	419
6.7.2 Strom und Spannung	419
6.7.3 Leistung im Stromkreis	420
6.7.4 Ohm'scher Widerstand	420

7 Harmonische Bewegung 428

7.1 Oszillator, harmonische Bewegungen, harmonischer Oszillator	428
7.2 Bedeutung der harmonischen Bewegung	435
7.3 Federpendel und Fadenpendel	435
7.3.1 Das Federpendel	435
7.3.2 Das Fadenpendel	436
7.3.3 Mathematische Behandlung von Federpendel und Fadenpendel	436
7.4 Geschwindigkeit(Zeit)-Gesetz, Beschleunigung(Zeit)-Gesetz, Kraft(Zeit)-Gesetz	444
7.5 Welche Kraft für welche Bewegung?	446
7.6 Anfangsbedingungen	446
7.7 Energie des harmonischen Oszillators	457
7.8 Kreisbewegung als Überlagerung zweier harmonischer Bewegungen	460
7.9 Der gedämpfte harmonische Oszillator ohne Antrieb	462
7.9.1 Dämpfung	462
7.9.2 Gedämpfte Schwingung	463
7.9.3 Energie des gedämpften harmonischen Oszillators	468
7.10 Der gedämpfte harmonische Oszillator mit Antrieb	469

8 Wellen 474

8.1 Gekoppelte harmonische Oszillatoren	474
8.1.1 Zwei gekoppelte harmonische Oszillatoren	474
8.1.2 Viele gekoppelte harmonische Oszillatoren	482
8.1.3 Von der Wellenmaschine zum Gummiband	484
8.2 Wellen	485
8.2.1 Wellen: Kenngrößen	485
8.2.2 Einordnung von Wellen	490
8.2.3 Wellen im täglichen Leben	501
8.2.4 Wellenausbreitung	506

9 Magnetfeld 537

9.1 Magnetische Teilchen im Magnetfeld	537
9.1.1 Phänomenologie	537
9.1.2 Speiche folgt dem Magnetfeld	537
9.1.3 Magnetische Feldlinien	539
9.1.4 Regeln für magnetische Feldlinien	540
9.1.5 Es gibt keine magnetischen Monopole: Drehmoment statt Kraft	540
9.1.6 Das Magnetfeld der Erde	541
9.2 Eine bewegte Ladung erzeugt ein Magnetfeld	542
9.2.1 Oersteds Befund	542
9.2.2 Das Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters	542
9.2.3 Das magnetische Feld einer Spule	544
9.2.4 Mikroskopischer Ursprung des Magnetismus	545
9.3 Eine bewegte Ladung erfährt eine Kraft in einem Magnetfeld	548
9.3.1 Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter	548
9.3.2 Lorentz-Kraft	553
9.3.3 Wirkung der Lorentz-Kraft	556
9.3.4 Kreisbahn im Fadenstrahlrohr	557
9.3.5 Klassischer Hall-Effekt	561
9.3.6 Wirkung auf stromlosen Leiter: Induktion	567

10 Stromkreise mit nicht stationärem Strom 588

10.1 Was ist nicht stationärer Strom?	588
10.2 Nicht stationärer Strom an einem Ohm'schen Widerstand	589
10.3 Laden und Entladen eines Kondensators	591
10.3.1 Laden	591
10.3.2 Entladen	594
10.4 Spannungsänderung in einer Spule	598
10.4.1 Experiment	598
10.4.2 Selbstinduktion in einer Spule	598
10.4.3 Zeitlicher Verlauf des Stroms beim Anschalten	599
10.4.4 Zeitlicher Verlauf des Stroms beim Ausschalten	600
10.5 Kondensator und Spule: Schwingkreis	602
10.6 Kondensator in einem Wechselstromkreis	604
10.6.1 Mit widerstandslosen Zuleitungen	604
10.6.2 Mit widerstandsbehafteten Zuleitungen	607

10.7 Spule in einem Wechselstromkreis	610
10.8 Spule, Kondensator und Widerstand in einem Wechselstromkreis	612
10.9 Zusammenfassung	618

11 Physik auf zwei Seiten	620
----------------------------------	------------

11.1 Einfache Bewegungen	620
11.2 Alle realen Kräfte kommen aus Wechselwirkungen	621
11.3 Kräfte und Bewegungen	621
11.4 Physikalische Größen als Ableitungen	621

12 Richtig oder falsch?	622
--------------------------------	------------

Anhänge	626
----------------	------------

A Videodaten und VIANA	626
B Ein Beispiel für eine Veröffentlichung („Paper“)	627
C Auszug aus einem Laborbuch	630
Formelsammlung	631
Formelzeichen	642
Stichwortverzeichnis	651
Bildquellen	656

(Mathematische) Exkurse

Exkurs: Anfertigung eines Versuchsprotokolls	20
Exkurs: Kurven durch vorgegebene Punkte	36
Exkurs: Einführung in die Vektorrechnung	58
Exkurs: Trigonometrie	70
Exkurs: Arbeiten mit VIANA	110
Exkurs: Arbeiten mit einer Tabellenkalkulation	113
Exkurs: Umrechnung m/s in km/h und zurück	125
Exkurs: Steigung einer Tangente	140
Exkurs: Verschieben von Kurven	164
Exkurs: Quadratische Ergänzung	182
Exkurs: Berechnen von Flächen unter Kurven – Integralrechnung	216
Exkurs: Gleichzeitiges Lösen von Impuls- und Energiegleichung	265
Exkurs: Winkelmessung im Bogenmaß	277
Exkurs: Kleinwinkelnäherung	284
Exkurs: Summenzeichen	346
Exkurs: Trigonometrische Funktionen	430
Exkurs: Quantitative Behandlung von zwei gekoppelten Pendeln	477
Exkurs: Mathematische Beschreibung von Wellen	496
Exkurs: Die Heaviside-Funktion	590
Exkurs: Sinusoid	606