

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

Der Verfasser:

**Dr. Jens Kircher**

Umschlagfoto: © lightpoet - Fotolia.com

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 eingescannt 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 2012

Für Schäden durch im Buch genannte Softwareinstallationen wird nicht gehaftet.

1. Auflage 2012

© 2012 by MERKUR VERLAG RINTELN

Gesamtherstellung:

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

E-Mail: [info@merkur-verlag.de](mailto:info@merkur-verlag.de)

[lehrer-service@merkur-verlag.de](mailto:lehrer-service@merkur-verlag.de)

Internet: [www.merkur-verlag.de](http://www.merkur-verlag.de)

ISBN 978-3-8120-0356-8

# Inhalt

## Vorbemerkungen

Zielsetzung .....	7
Aufbau .....	8
An die Schüler: Lernen lernen .....	10

## 1 Einführung

1.1 Gegenstand der Physik .....	11
1.2 Vorgehensweise der Physik .....	11
1.2.1 Theorie und Experiment .....	11
1.2.2 Reproduzierbarkeit .....	13
1.3 Wie arbeitet ein Physiker? .....	16
1.4 Physikalische Größen und ihre Darstellung .....	18
1.4.1 Größen und Einheiten .....	18
1.4.2 Maßzahlen .....	21
1.4.3 Grafische Darstellung .....	23
1.5 Messfehler .....	26
1.5.1 Statistische Fehler .....	26
1.5.2 Systematische Fehler .....	32

## 2 Kräfte

2.1 Kräfte und Wechselwirkungen .....	34
2.1.1 Gravitationswechselwirkung .....	34
2.1.2 Coulomb-Wechselwirkung oder elektrische Wechselwirkung .....	36
2.1.3 Starke und schwache Wechselwirkung .....	37
2.1.4 Woher kommen die elementaren Wechselwirkungen? .....	38
2.1.5 Masse und Gewicht .....	38
2.1.6 Kontaktwechselwirkung und Einteilung der Kräfte .....	44
2.2 Kräfte als Vektoren .....	47

2.3 Kräftediagramme .....	54
2.3.1 Die Resultierende zweier Kräfte .....	55
2.3.2 Zerlegung einer Kraft in Komponenten .....	67
2.3.3 Actio – Reactio .....	74
2.3.4 Kräftegleichgewicht .....	75
2.3.5 Statisches Gleichgewicht bei einer Punktmasse .....	77
2.4 Reibungskräfte .....	90
2.4.1 Haftkraft und Gleitreibungskraft .....	90
2.4.2 Antriebs- und Fahrtwiderstandskräfte .....	92
2.5 Hooke'sches Gesetz .....	97

### 3 Bewegungslehre

3.1 Einfache Bewegung einer Punktmasse .....	100
3.2 Bewegung in einer Dimension .....	107
3.2.1 Die „kräftefreie Bewegung“ .....	107
3.2.2 Die Bewegung mit gleichbleibender Kraft .....	118
3.2.3 Ortsänderung im $v(t)$ -Diagramm .....	128
3.2.4 Zusammenfassung: Elementare Bewegungen .....	130
3.2.5 Ungleichförmige Bewegung .....	136
3.2.6 Geschwindigkeit und Durchschnittsgeschwindigkeit .....	136
3.2.7 Zusammenhang zwischen Beschleunigung und angreifender Kraft .....	138
3.2.8 Bewegung mit Reibung .....	145
3.2.9 Der freie Fall .....	149
3.2.10 Anfangsbedingungen .....	154
3.3 Überlagerung von Bewegungen (eindimensional) .....	170
3.3.1 Vorbemerkung .....	170
3.3.2 Abbremsen aus gleichförmig geradliniger Bewegung .....	171
3.3.3 Senkrechter Wurf nach oben .....	174
3.3.4 Modellierung von eindimensionalen Bewegungen .....	178
3.4 Überlagerung von Bewegungen (zweidimensional) .....	181
3.4.1 Horizontaler Wurf .....	181
3.4.2 Schiefer Wurf vom Boden aus .....	187
3.4.3 Schiefer Wurf von einer Abschusshöhe $h_0$ aus .....	192

## 4 Erhaltungsgrößen

4.1	Erhaltung von physikalischen Größen .....	197
4.2	Arbeit und Energie .....	198
4.2.1	Arbeit .....	198
4.2.2	Energie und Energieerhaltung .....	215
4.2.3	Leistung .....	241
4.2.4	Wirkungsgrad .....	244

## 5 Kreisbewegung

5.1	Einführung .....	247
5.1.1	Winkelgeschwindigkeit .....	249
5.1.2	Bahngeschwindigkeit und Geschwindigkeitsvektor bei Kreisbewegungen .....	252
5.2	Zentripetalkraft und Zentripetalbeschleunigung .....	254
5.2.1	Welche Kraft zwingt einen Körper in eine Kreisbahn? .....	254
5.2.2	Gibt es die Zentrifugalkraft? .....	260
5.3	Weitergehende Anwendungen für die Kreisbewegung .....	263
5.3.1	Anwendungsbeispiel: Wann reißt das Seil? .....	263
5.3.2	Anwendungsbeispiel: Ebene Kurvenfahrt .....	264
5.3.3	Anwendungsbeispiel: Überhöhte Kurve .....	268
5.3.4	Anwendungsbeispiel: Kettenkarussell .....	268
5.3.5	Anwendungsbeispiel: Steilwandfahrt .....	270
5.3.6	Anwendungsbeispiel: Loopingfahrt .....	272
5.3.7	Anwendungsbeispiel: Geostationäre Umlaufbahnen .....	279
5.3.8	Nichtstationäre Satellitenbahnen .....	279
5.3.9	Bewegung im Zentralfeld .....	281
5.3.10	Geschichte der Himmelsmechanik .....	285

## 6 Physik auf zwei Seiten

6.1	Einfache Bewegungen .....	292
6.2	Alle realen Kräfte kommen aus Wechselwirkungen .....	293
6.3	Kräfte und Bewegungen .....	293
6.4	Physikalische Größen als Ableitungen .....	293

## 7 Richtig oder Falsch?

### Anhänge

A Videodaten und VIANA .....	296
B Ein Beispiel für eine Veröffentlichung („Paper“) .....	297
C Auszug aus einem Laborbuch .....	300
Formelsammlung .....	301
Stichwortverzeichnis .....	306

### (Mathematische) Exkurse

Exkurs: Anfertigung eines Versuchsprotokolls .....	15
Exkurs: Kurven durch vorgegebene Punkte .....	27
Exkurs: Einführung in die Vektorrechnung .....	49
Exkurs: Trigonometrie .....	61
Exkurs: Arbeiten mit VIANA .....	101
Exkurs: Arbeiten mit einer Tabellenkalkulation .....	104
Exkurs: Umrechnung m/s in km/h und zurück .....	116
Exkurs: Steigung einer Tangente .....	131
Exkurs: Verschieben von Kurven .....	155
Exkurs: Quadratische Ergänzung .....	173
Exkurs: Berechnen von Flächen unter Kurven – Integralrechnung .....	207
Exkurs: Winkelmessung im Bogenmaß .....	248
Exkurs: Kleinwinkelnäherung .....	255

# Vorbemerkungen

## Zielsetzung

Mit diesem Buch wollen wir Schülern und Lehrern ein Buch an die Hand geben, das den Stoff des Fachs *Physik* im Berufskolleg zur Erlangung der Fachhochschulreife mit kaufmännischem Schwerpunkt angemessen behandelt. Daneben wendet sich das Buch an Studenten, die den entsprechenden Stoff autodidaktisch oder im Rahmen eines Brückenkurses nachholen müssen.

Bewusst haben wir davon abgesehen, ein Nachschlagewerk zu schaffen, das Wissensgebiete außerhalb des im Lehrplan vorgegebenen Schulstoffs behandelt. Stattdessen haben wir uns in der Breite der Stoffauswahl **eng am Lehrplan** orientiert. Wir haben jedoch gelegentlich den Schulstoff deutlich über die Anforderungen hinaus **vertieft**. Dies geschieht in den besonders gekennzeichneten Boxen „Weiterführende Überlegungen“. Der Grund für die gelegentliche Vertiefung über das vom Lehrplan geforderte Niveau hinaus liegt darin, dass der Autor auch im Hochschulsektor tätig ist und den Brückenschlag von der Schule zur Hochschule für essenziell hält.

Der Aufbau des Stoffs ist teils unkonventionell, war aber nahegelegt durch unsere Anforderungen an einen modernen und stringenten Physikunterricht.

Am Herzen lag uns insbesondere,

- durch Wahl der Beispiele und eine den Lernenden angemessene Sprache die Zugangsschwelle klein zu halten.
- einen Text zu schaffen, der Schüler einbezieht durch die Boxen „**Selbst machen**“. Handlungsorientierter Unterricht erfordert auch ein handlungsorientiertes Buch. In den Boxen werden die Schüler angehalten, selbst zu experimentieren oder zu simulieren. Daher haben wir den Einstieg in die Mechanik über VIANA gewählt, trotz der dem Autor sehr wohl bekannten Defizite in Genauigkeit und in der Handhabung der Software.
- **Aufgaben** bereitzustellen, die Physik nicht als Formelgrab darstellen, sondern als Mittel, ad hoc unverständliche Phänomene zu verstehen. Hierfür sollen die Schüler in den bereitgestellten Aufgaben simulieren, argumentieren, messen. Natürlich gibt es

daneben auch einfache Aufgaben, um den erarbeiteten Vorrat an Formeln anzuwenden und zu festigen.

- der oftmals erfahrenen Notwendigkeit Rechnung zu tragen, Rechentechniken und mathematische Konzepte im Physikunterricht zu besprechen, bevor sie im Mathematikunterricht – dann natürlich fundierter – zur Sprache kommen. Dies geschieht in sogenannten „**Exkurs**“-Boxen.
- einen Text zu schaffen, der aufbauend auf dem Konzept der Wechselwirkung **alle Formeln herleitet**. Dies erfordert mitunter längliche Rechnungen, aber die Schüler haben dies mehrheitlich im Rückblick als wertvoll bezeichnet. Wann immer ein neuer Schüler in die Klasse eintritt, wird ihm stolz erklärt: „Wir leiten hier alles her“. Es ist auch ein wichtiges Lernziel, den Schülern klarzumachen, wo die Physik beobachtet, wo sie definiert und wo sie ableitet. Formelorientiertes Inselwissen befördert dies nicht, auch wenn es (kurzfristig) bequem ist.
- durch die Wahl der **Beispiele** den Bezug zum Leben herzustellen.
- dem interessierten und motivierten Schüler (oder auch Studenten mit physikalischem Nachholbedarf) einen Text an die Hand zu geben, der es erlaubt, sich den Stoff im **Selbststudium** anzueignen. Aus diesem Grund gibt es neben zahlreichen Aufgaben auch **gelöste Musteraufgaben** und die Herleitungen sind generell ausführlich gehalten.

## Aufbau

Der Kerntext befasst sich mit der Entwicklung der Theorie und dem Aufzeigen von Zusammenhängen. Um möglichst flüssiges Lesen zu ermöglichen, sind viele Sachverhalte – wie schon erwähnt – in **Boxen** ausgelagert:

### Experiment/Anwendung

Hier wird die entwickelte Theorie gestützt oder veranschaulicht, indem ein historisch oder didaktisch bedeutsames Experiment geschildert oder eine technische Anwendung aufgezeigt wird.

### Musterlösung / Lösungsstrategie

Wir erläutern exemplarisch an einer Aufgabe, was die wichtigen Elemente einer Lösung sind.

### Selbst machen

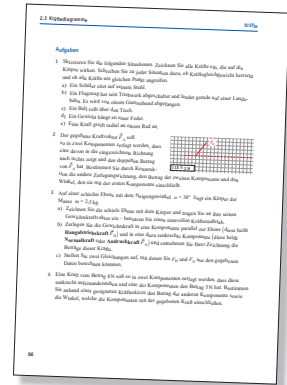
Experimente oder Simulationen (mitunter auch Recherche-Aufgaben), die der Lernende selbst machen kann und soll.

Wichtige Formeln und Merksätze befinden sich in Boxen mit rotem Rand.

## Aufgaben

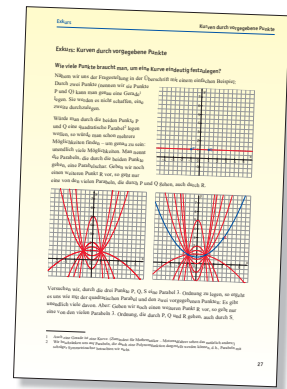
Nach jeder Lerneinheit finden sich einige Aufgaben, um das Erlernete sofort anzuwenden. Eine Aufgabe für Schüler besteht oft darin, sich selbst eine Aufgabe zum Stoff zu erarbeiten. Schöne, von Schülern verfasste Aufgaben wurden unverändert in dieses Buch aufgenommen. Sie sind mit **einem Stern** gekennzeichnet.

Etwas anspruchsvollere Aufgaben und Aufgaben, die den aktuellen Stoff mit Inhalten aus vorhergehenden Kapiteln vernetzen, sind mit **zwei Sternen** gekennzeichnet.



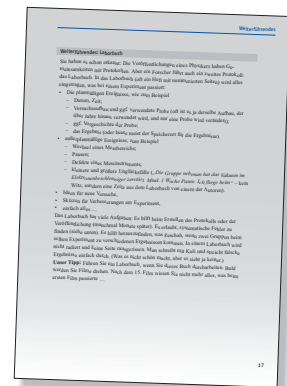
## Exkurs

In einem Exkurs werden **mathematische Fertigkeiten** in einer nicht-mathematischen Sprechweise bereitgestellt. Keinesfalls ersetzen diese Exkurse den Besuch des Mathematikunterrichts und die Lektüre eines guten Buchs hierzu. Die Boxen können natürlich übergangen werden, wenn die entsprechende Mathematik-Kompetenz schon vorhanden ist.



## Weiterführende Überlegungen

Auf diesen Seiten wird der Stoff (mitunter weit) über die Anforderungen des Lehrplans hinaus vertieft. Es liegt im Ermessen des Lehrers, ob und welche dieser Seiten er in den Unterricht einbaut. Die Lernenden sollten sich beim Selbststudium nicht von diesen Seiten abschrecken lassen, sie können bei einem ersten Durchgang getrost überlesen werden.





Zu diesem Buch können Sie von der dazugehörenden CD Daten herunterladen. Dort finden Sie Filme zum Selbst-Auswerten mit VIANA oder auch die Excel-Dateien zur Auswertung oder Simulation einer Bewegung.

Mitunter ist es aus Zeit- oder Ressourcengründen notwendig darauf zurückzugreifen, aber wir raten dringend dazu, die Befriedigung beim Selbst-Erarbeiten einer Gesetzmäßigkeit nicht zu unterschätzen. Schließlich ist es genau das, was unsere geliebte Wissenschaft so schön macht!

## An die Schüler: Lernen lernen

Spielen Sie Tetris? Wie beim Tetris ist es wichtig, dass ein neues Stück Wissen eine Vorstruktur findet, an die es ankoppeln kann. Konzepte wie „Ich lerne die Formeln am Ende, ich darf ja auch in der Prüfung die Formelsammlung benutzen“ sind zum Scheitern verurteilt, auch wenn sie einen wahren Kern haben. Einstein wird der Satz zugeschrieben, dass er sich keine Formeln merkte, weil er sein Gehirn ja zum Denken brauchte.

Aber: Wenn Sie sich nicht verinnerlichen, dass die Spannung Arbeit pro Ladung ist oder die elektrische Feldstärke Kraft pro Ladung (und zwar dann, wenn der Stoff zu erlernen ist), dann können Sie auch nur einen Bruchteil des darauffolgenden Stoffs verstehen (und damit im Gedächtnis verankern). Am Ende ist die Vorbereitung auf die Prüfung eine frustrierende Sisyphusarbeit (hier gleich Ihre erste Aufgabe: Finden Sie raus, wer Sisyphus war ...).

Daher lautet die Devise: Formeln darf man nachschauen, bei mathematischen Herleitungen reicht es, das Prinzip zu verstehen, aber Sachverhalte müssen klar sein und im Gedächtnis abgespeichert sein!