

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

Der Verfasser:

**Dr. Jens Kircher**

Stv. Schulleiter Schloss-Schule Kirchberg/Jagst.

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 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 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](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-**0345-2**

# Inhalt

## Vorbemerkungen

Zielsetzung .....	7
Aufbau .....	8

## 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 .....	66
2.3.3 Actio – Reactio .....	73
2.3.4 Kräftegleichgewicht .....	75
2.4 Reibungskräfte .....	77
2.4.1 Haftkraft und Gleitreibungskraft .....	77
2.4.2 Antriebs- und Fahrwiderstandskräfte .....	79
2.5 Hooke'sches Gesetz .....	84

### 3 Bewegungslehre

3.1 Einfache Bewegung einer Punktmasse .....	87
3.2 Bewegung in einer Dimension .....	94
3.2.1 Die „kräftefreie Bewegung“ .....	94
3.2.2 Die Bewegung mit gleichbleibender Kraft .....	105
3.2.3 Ortsänderung im $v(t)$ -Diagramm .....	115
3.2.4 Zusammenfassung: Elementare Bewegungen .....	117
3.2.5 Ungleichförmige Bewegung .....	123
3.2.6 Geschwindigkeit und Durchschnittsgeschwindigkeit .....	123
3.2.7 Zusammenhang zwischen Beschleunigung und angreifender Kraft .....	125
3.2.8 Bewegung mit Reibung .....	132
3.2.9 Der freie Fall .....	136
3.2.10 Anfangsbedingungen .....	141
3.3 Überlagerung von Bewegungen (eindimensional) .....	156
3.3.1 Vorbemerkung .....	156
3.3.2 Abbremsen aus gleichförmig geradliniger Bewegung .....	157
3.3.3 Senkrechter Wurf nach oben .....	160
3.4 Überlagerung von Bewegungen (zweidimensional) .....	164
3.4.1 Horizontaler Wurf .....	164
3.4.2 Schiefer Wurf vom Boden aus .....	170

### 4 Erhaltungsgrößen

4.1 Erhaltung von physikalischen Größen .....	175
4.2 Arbeit und Energie .....	176
4.2.1 Arbeit .....	176
4.2.2 Energie und Energieerhaltung .....	193
4.2.3 Leistung .....	217
4.2.4 Wirkungsgrad .....	219

## 5 Optik I: Licht und Farbe

5.1 Was ist Licht? .....	222
5.2 Elektromagnetische Wellen .....	231
5.2.1 Wellen .....	231
5.2.2 Licht als elektromagnetische Welle .....	234
5.3 Ausbreitung von Licht .....	241
5.3.1 Lichtquellen .....	241
5.3.2 Licht im Vakuum .....	244
5.3.3 Licht trifft auf einen Gegenstand .....	248
5.3.4 Licht in einem Material .....	251
5.3.5 Licht auf einer Oberfläche: Reflexion und Transmission .....	257
5.3.6 Licht fällt durch eine planparallele Platte .....	280
5.3.7 Licht fällt durch ein Prisma .....	284
5.3.8 Platten mit gekrümmten Oberflächen .....	290
5.4 Farbe .....	294
5.4.1 Augen und Ohren .....	294
5.4.2 Gegenstände beeinflussen das Spektrum von Licht .....	299
5.4.3 Farberscheinung undurchsichtiger Gegenstände .....	309
5.4.4 Farbstoffe und Pigmente .....	312
5.4.5 Absorbanz und Transmittanz .....	318
5.4.6 Farberscheinungen teils transparenter Materialien .....	322
5.4.7 Warum ist Milch weiß? .....	333
5.4.8 Warum ist der Himmel blau? .....	335

## 6 Optik II: Gegenstände und Abbildungen

6.1 Selbstleuchtende und beleuchtete Objekte .....	337
6.2 Schatten .....	337
6.3 Abbildungen .....	341
6.3.1 Auge und Gegenstandserkennung .....	341
6.3.2 Was ist eine Abbildung? .....	342
6.3.3 Abbildung mit einer Sammellinse .....	342
6.3.4 Das Auge .....	347
6.3.5 Brille .....	350
6.3.6 Lupe .....	351
6.3.7 Fernrohr .....	353
6.3.8 Mikroskop .....	354
6.3.9 Fotografie .....	356

6.4 Vernetzung und Ausblick .....	370
6.5 Was fehlt? .....	373
6.5.1 Wellenphänomene: Hell und Hell macht Dunkel .....	373
6.5.2 Wellenphänomene: Licht geht um die Ecke .....	373
6.5.3 Teilchenphänomene: Wie funktioniert eine Solarzelle? .....	374
6.5.4 Teilchenphänomene: Der schwarze Körper .....	374
6.5.5 Nichtlineare Optik .....	375

## Anhänge

A Videodaten und VIANA .....	376
B Ein Beispiel für eine Veröffentlichung („Paper“) .....	377
C Auszug aus einem Laborbuch .....	380
Formelsammlung .....	381
Formelzeichen .....	385
Stichwortverzeichnis .....	394
Bildquellen .....	399

## (Mathematische) Exkurse

Exkurs: Anfertigung eines Versuchsprotokolls .....	15
Exkurs: Kurven durch vorgegebene Punkte .....	27
Exkurs: Einführung in die Vektorrechnung .....	49
Exkurs: Trigonometrie .....	60
Exkurs: Arbeiten mit VIANA .....	88
Exkurs: Arbeiten mit einer Tabellenkalkulation .....	91
Exkurs: Umrechnung m/s in km/h und zurück .....	103
Exkurs: Steigung einer Tangente .....	118
Exkurs: Verschieben von Kurven .....	142
Exkurs: Quadratische Ergänzung .....	159
Exkurs: Berechnen von Flächen unter Kurven – Integralrechnung .....	185
Exkurs: Trigonometrische Funktionen .....	226
Exkurs: Arcos, Arcsin .....	282

# Vorbemerkungen

## Zielsetzung

Mit diesem Buch wollen wir Schülern und Lehrern ein Buch an die Hand geben, das den Stoff des Fachs Physik im **BKFH mit Schwerpunkt Gestaltung** angemessen behandelt. Schülern die Physik als 4-stündiges Fach im Wahlbereich besuchen, sei das Buch „Technische Physik“ (Merkur Band 342) ans Herz gelegt.

Bewusst haben wir davon abgesehen, ein Nachschlagewerk zu schaffen, das Wissensgebiete außerhalb des im Lehrplan vorgegebenen Schulstoffs behandelt. Zu diesem Zweck gibt es bereits mehrere Werke. Statt dessen 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 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 essentiell hält.

Das Thema „Farbe“ ist möglicherweise etwas umfänglicher dargestellt als im Unterricht umsetzbar. Hier ließen wir uns von der Idee leiten, dass der Praktiker der Gestaltung später nochmals dieses Thema eigenständig vertiefen will. Mit Ausblicken in Baustile in der Kräftelehre und vielen Beispielen aus Fotografie und Design im Optik-Teil haben wir uns bemüht, Brücken zwischen Gestaltung und Physik zu schlagen.

In der Optik haben wir einen Ausblick in die Quantenmechanik gewagt. Zwar wäre das vom Lehrplan geforderte Wissen auch ohne ihn zu vermitteln (und das Buch lässt zu, so zu verfahren), aber wir wollen keine Ideen zemetieren, die später (möglicherweise) mühsam wieder eingerissen werden müssen. Der Einrede, der Stoff sei unzugänglich, setzen wir entgegen „*A good theory should be explainable to a barmaid*“<sup>1</sup>.

Sir E. Rutherfords Ausspruch wollen wir noch ein wenig weiterentwickeln: „*A good physical experiment should be doable in a bar.*“ Die Lernenden sollen selbst die Physik entdecken, auf induktive und deduktive Weise. Daher werden Gesetze nicht als Fakten

---

<sup>1</sup> Ja, uns ist bekannt, dass der Ausspruch möglicherweise gar nicht von Sir E. Rutherford stammt. Aber egal von wem er ist: Er stimmt! Natürlich muss eine gute Theorie auch Barkeepern und nicht nur Barmaids mittelbar sein und natürlich klappt das nur, wenn die Barmaid willig ist.

konstatiert, sondern nach Möglichkeit hergeleitet. In mathematischen Herleitungen werden die Zwischenschritte angegeben, Experimente und Simulationen soll der Lernende möglichst selbst (und mit Mitteln, die ihm sowieso schon aus dem täglichen Leben zur Verfügung stehen) durchführen.

Des weiteren lag uns am Herzen,

- Aufgaben bereitzustellen, die Physik nicht als Einsetzübungen in Formeln 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, Rechentechniken und mathematische Konzepte im Physikunterricht zu besprechen, bevor sie im Mathematikunterricht – dann natürlich fundierter – zur Sprache kommen, Rechnung zu tragen. Dies geschieht in sogenannten „Exkurs“-Boxen.
- durch die Wahl der Beispiele den Bezug zur Lebenswirklichkeit der Lernenden herzustellen.
- durch eine den Lernenden angemessene Sprache die Zugangsschwelle klein zu halten.
- 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.

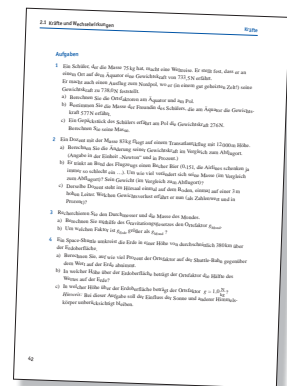
Wichtige Formeln und Merksätze befinden sich in Boxen mit rotem Rand.

Aufgaben

Nach jeder Lerneinheit finden sich einige Aufgaben, um das Erlernte sofort anzuwenden. Während der Erprobungsphase für diesen Kurs bestand eine Aufgabe für Schüler oft darin, sich selbst eine Aufgabe zum Stoff zu erarbeiten.

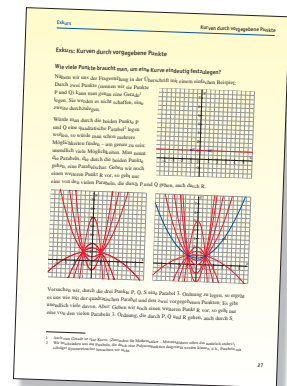
Schöne, von Schülern verfasste Aufgaben wurden unverändert in dieses Buch aufgenommen. Sie sind mit **einem Stern** gekennzeichnet.

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



Exkurs

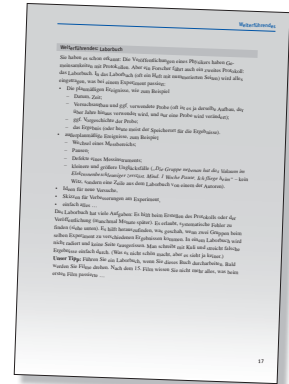
In einem Exkurs werden **mathematische Fertigkeiten** in einer nicht-mathematischen Sprechweise bereitgestellt. Keinesfalls ersetzen diese Exkurse den Besuch des Mathematikunterrichts und die Lektüre eines guten Buchs hierzu. Die Boxen können natürlich übergangen werden, wenn die entsprechende Mathematik-Kompetenz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





## Weiterführende Überlegungen

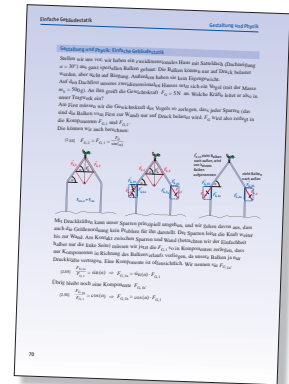
Auf diesen Seiten wird der Stoff (mitunter weit) über die Anforderungen des Lehrplans hinaus vertieft. Es liegt im Ermessen des Lehrers, ob und welche dieser Seiten er in den Unterricht einbaut. Die Lernenden sollten sich beim Selbststudium nicht von diesen Seiten abschrecken lassen, sie können bei einem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



## Gestaltung und Physik

Die Boxen „Gestaltung und Physik“, zeigen die physikalische Seite der Gestaltung, beispielsweise anhand einer Designer-Zitruspresse oder an mit farbigem Licht beleuchteten Produktverpackungen.

Die Boxen „Gestaltung und Physik“ liefern Ideen für fächerübergreifende Projekte.



## CD zum Buch

Zu diesem Buch können Sie von der dazugehörigen 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!