

Springer-Lehrbuch

Jürgen Schatz
Robert Tammer
(Hrsg.)

Erste Hilfe – Chemie und Physik für Mediziner

4., überarbeitete Auflage

Mit 510 Abbildungen

 Springer

Herausgeber:

Prof. Dr. Jürgen Schatz
Universität Erlangen-Nürnberg
Erlangen

Dr. Robert Tammer
Universität Ulm
Ulm

ISSN 0937-7433
Springer-Lehrbuch
ISBN 978-3-662-58301-2
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-58302-9>

ISSN 2512-5214 (electronic)
ISBN 978-3-662-58302-9 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2007, 2012, 2015, 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Zeichner: Alexander Dospil, Greifenberg
Umschlaggestaltung: deblik Berlin
Fotonachweis Umschlag: © Marina Zlochin/stock.adobe.com

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort zur 4. Auflage

In der vorliegenden 4. Auflage unseres Buches »Erste Hilfe – Physik und Chemie für Mediziner« wird der derzeit gültige Gegenstandskatalog der Fächer Chemie und Physik inhaltlich vollständig abgebildet. Damit sind Sie für die anstehenden Prüfungen gut gerüstet!

Aber warum überhaupt Chemie/Physik in der Medizin? Ganz einfache Antwort: Naturwissenschaften sind das Fundament, auf dem eine wissenschaftlich orientierte, moderne und nachhaltige Ausbildung in der Medizin fußt. Um den Einstieg hier möglich effizient und reibungsfrei zu gestalten, basiert auch die vorliegende Auflage auf dem Grundkonzept »Von Studierenden für Studierende«.

Zusammen mit dem Verlagsteam, Frau Doyon und Frau Stroehla, sowie Herrn Pohlmann, der wieder das intensive Lektorat übernommen hat, haben wir diese 4. Auflage überarbeitet, indem wir Fehler korrigiert und Inhalte aktualisiert haben, ohne den Grundcharakter des Buches zu verändern. Recht herzlichen Dank für diese konstruktive Unterstützung!

Noch ein redaktioneller Hinweis: Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter, auch wenn wir aus Gründen des Leseflusses auf die explizite Nennung der männlichen und weiblichen Sprachform verzichtet haben.

Liebe Leserin und lieber Leser, nun viel Spaß beim Erlernen der naturwissenschaftlichen Grundlagen für *Ihr* Medizinstudium!

Jürgen Schatz und Robert Tammer

Erlangen und Ulm, Januar 2019

Vorwort zur 1. Auflage

Herzlichen Glückwunsch, Sie haben einen Studienplatz in der Medizin oder einer vergleichbaren Lebenswissenschaft bekommen. Ein erster Blick in die Studienordnung, die Stundenpläne etc. führt aber schon zur Ernüchterung, denn da finden sich auch so ungeliebte Fächer wie Physik oder Chemie. Da fällt Ihnen dann wieder ein, dass der letzte Chemieunterricht sehr lange her ist oder dass Sie das Fach Physik eh immer gehasst haben (ist auch in beliebigen anderen Kombinationen denkbar).

So oder so ähnlich stellte sich für uns die Situation bei Gesprächen mit den Studienbeginnern in den ersten Semesterwochen dar. Als nächste Frage kam immer: »Ich will doch Medizin (oder ...) studieren – wozu braucht man dafür Physik/Chemie?« Die Antwort ist dann immer relativ leicht: Jeder Mediziner braucht ein gewisses Maß an naturwissenschaftlichem Grundverständnis: Denken wir nur an die Funktion unserer Sinne, die Chemie unseres Stoffwechsels inklusive Medikamente, die medizintechnische Ausstattung der Kliniken, aber auch die neuesten medizinischen Forschungsgebiete der Humangenetik. Der (Wieder-)Einstieg in die Naturwissenschaften ist aber nichtsdestotrotz in den ersten Semestern für die meisten hart und auch mit einer hohen Hemmschwelle verbunden.

Die neue Approbationsordnung (2002) führte zu einer inhaltlichen Abstimmung aller Fächer der Vorklinik, um diesen Studienabschnitt zu straffen und effizient zu gestalten. Bei den gemeinsamen Gesprächen an der Universität Ulm, an der beide Herausgeber lehren/lehrt, zeigten sich immer die gleichen Hauptprobleme: Die einzelnen Studierenden bringen aus ihrer Schulzeit extrem unterschiedliche naturwissenschaftliche Kenntnisse mit, die erst auf ein einheitliches Niveau gebracht werden müssen. Nach unserer Erfahrung gibt es ein weiteres Problem: Die meist geringen mathematischen Kenntnisse erschweren einen Zugang zu Naturwissenschaften oder machen ihn in einigen Fällen fast unmöglich. (Zitat: »Was ist denn ein Logarithmus?« – da wird es schwer mit dem pH-Wert.)

Hier setzt ERSTE HILFE ein, in dem wir einen »Mathe-Basics-Teil« den Naturwissenschaften

Chemie und Physik vorangestellt haben. Dieser entstand aus einem von der Physik und Chemie an der Universität Ulm gemeinsam durchgeführten und bewährten Mathematik-Vorkurs. Wohlbeachtet: ERSTE HILFE soll nicht dazu dienen, etablierte Lehrbücher der Chemie und Physik zu ersetzen, sondern den Zugang zu diesen oft als schwierig erachteten Fächern leichter zu machen. Deshalb ist auch hier ein anderes Konzept für ein Lehrbuch besprochen worden:

VON STUDIERENDEN FÜR STUDIERENDE.

Die Autoren der einzelnen Kapitel haben größtenteils bei uns in Ulm die entsprechenden Kurse der Physik und Chemie erfolgreich absolviert und den 1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (Physikum) hinter sich. Aus deren eigenen Erfahrungen – auch bei der Vorbereitung zu den Physikumsprüfungen – entstanden die Schwerpunkte der einzelnen Kapitel. Hier zeigte sich auch, dass Dinge, die wir im Unterricht nur sehr kurz behandeln (»Ist ja trivial«), hier etwas ausführlicher darlegt sind – aber auch der umgekehrte Fall ist zu finden. Anscheinend gibt es hier doch unterschiedliche Betrachtungsweisen. Trotzdem ist der Gegenstandskatalog der Physik wie auch der Chemie abgedeckt, in einer Form, die sich – zumindest für die Autoren – als erfolgreich für alle notwendigen Prüfungen erwies. Absicht ist auch gewesen, die »Sprache der Studierenden« möglichst zu erhalten; dies erforderte von Herausgeberseite natürlich Zurückhaltung, sollte aber ein etwas kurzweiliges Leseerlebnis garantieren.

Wir hatten als Herausgeber nur die Aufgabe (und auch das Vergnügen), die Vielzahl von Autoren »unter einen Hut« zu bringen, was uns alle Beteiligten aber sehr leicht gemacht haben. Es war für uns erfrischend zu sehen, mit welchem Elan geschrieben, gezeichnet und diskutiert wurde, um dieses Buch möglich zu machen – und das alles neben dem normalen Semesterbetrieb oder sogar Physikumsprüfungsstress. Allen dafür vielen herzlichen Dank!!

Besonderer Dank auch an das Verlagsteam, namentlich Frau Doyon und Frau Nühse, die nicht nur die Autorinnen und Autoren zusammenhalten,

sondern dazu auch noch zwei Herausgeber lenken mussten. Ebenso sei Frau Meinrenken vom Fachlektorat gedankt, für ihre Anmerkungen, Verbesserungen und Nachfragen.

Zum Schluss wünschen wir den Leserinnen und Lesern eine schöne und erfolgreiche Zeit mit ERSTE HILFE – Chemie und Physik. Naturwissenschaften können – auch in Medizin und Lebenswissenschaften – Spaß machen!

Jürgen Schatz

Robert Tammer

München/Ulm, August 2007

Die Herausgeber



Prof. Dr. Jürgen Schatz

Professor für Organische Chemie an der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg (FAU Erlangen-Nürnberg), Verantwortlich für die Ausbildung »Chemie für Mediziner«. Promotion an der Universität Regensburg in Organischer Chemie, anschließend einjähriger PostDoc-Aufenthalt am Imperial College, London; Habilitation in Organischer Chemie 2002 an der Universität Ulm. 2007 Wechsel auf eine Professur für Organische Chemie an der FAU Erlangen-Nürnberg. Seit 2004 verantwortlich in der Chemieausbildung in den Studiengängen Human- und Zahnmedizin. Gründungsmitglied und stellvertretender Vorsitzender der Arbeitsgemeinschaft Chemie in der Medizinerbildung innerhalb der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), Mitarbeit am Chemieteil des Gegenstandskatalogs Chemie für Mediziner und Biochemie/Molekularbiologie (2014).



Dr. Robert Tammer

Lehrbeauftragter für das Praktikum der Physik für Human- und Zahnmediziner und der begleitenden Lehrveranstaltungen an der Universität Ulm. Diplom und Promotion in experimenteller Physik an der Universität Ulm. 7 Jahre Forschungs- und Lehrtätigkeit an der FH Brandenburg – unter anderem Konzeption und Durchführung von Lehrpraktika und Vorlesungen zu »Physik im Nebenfach«. Seit 2001 Lehrbeauftragter für das Praktikum der Physik für Human- und Zahnmediziner sowie seit 2006 für die begleitende Vorlesung und das Seminar mit klinischen Bezügen »Medizintechnik«.

Die Autoren

Albrecht, Susanne
Baur, Karin Charlotte
Beyrle, Birgit
Bohn, Stefanie
Buckert, Dominik
Drensek, Annekathrin
Fels, Theresa
Görner, Heike
Gruber, Verena
Hartmann, Ann-Kathrin

Heuberger, Maria
Krebs, Ricarda
McDougall, Anne
Rankl, Stefanie Nina
Sachs, Simon
Schiefele, Lisa
Schirrmann, Malte
Schneidawind, Dominik
Trenkle, Katharina
Wagner, Philipp

Wie jetzt?
Mit einer Frage zu Beginn wird ins Thema eingestiegen

3.1 Physik starrer Körper

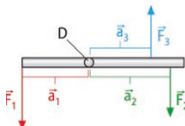
Lisa Schiefele

- Masse, Länge, Zeit
- Geschwindigkeit und Beschleunigung
- Newton'sche Axiome
- Reibung
- Gravitation
- Auftrieb
- Drehmomente und Hebelgesetze
- Periodische Bewegungen
- Kreisbewegung
- Arbeit, Energie und Leistung
- Impuls, Drehimpuls und Impulserhaltung

Wie jetzt?

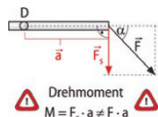
Ein kleiner Auffahrunfall und nur Blechschaden ... welche Kräfte wirken?

Nach einem kleinen Auffahrunfall, der nur Blechschaden verursachte, stellen sich einen Tag später leichte Schmerzen im Bereich der Halswirbelsäule ein. Bestimmt war die Belastung zum Zeitpunkt des Aufpralls doch größer als zunächst angenommen. Der Autofahrer hat die rote Ampel zu spät gesehen und ist mit 36 km/h auf den vor ihm bereits stehenden Transporter aufgefahren, der sich dadurch kaum bewegt hat. Die Knautschzone hat zwar die gesamte Energie seines ca. 1 t schweren PKW aufgenommen, er selbst wurde aber innerhalb von nur etwa 1 m Wegstrecke auf 0 km/h abgebremst. Welche Energien waren da überhaupt im Spiel und welche Kräfte wirkten auf seine Halswirbelsäule, die nun sicherlich für die Beschwerden verantwortlich sind?



■ **Abb. 3.11** Jede an einem Hebel angreifende Kraft bewirkt ein eigenes Drehmoment, dabei ist die Richtung der Kraft entscheidend dafür, ob der Hebel nach links ($\vec{F}_1 \cdot \vec{a}_1$ und $\vec{F}_3 \cdot \vec{a}_3$) oder rechts ($\vec{F}_2 \cdot \vec{a}_2$) gedreht wird. Ist die Summe aller nach links drehenden Momente gleich groß wie die Summe aller nach rechts drehenden Momente, ist der Hebel im Drehmomentengleichgewicht

Wichtig
Gleich abspeichern



■ **Abb. 3.15** Greift eine Kraft unter dem Winkel α an einem Hebelarm an, bewirkt nur die senkrecht zum Hebel wirkende Kraft ein Drehmoment bezüglich des Drehpunkts D. Für die Beträge gilt: $F_3 = F \cdot \sin \alpha$

3.1.4 Drehmoment und Hebelgesetze

Eine Stange, die um eine feste Achse im Punkt D drehbar ist, nennt man einen **Hebel**. ■ Abb. 3.11 zeigt einen zweiseitigen Hebel, der zwei Hebelarme in verschiedene Richtungen besitzt. Greift am linken Arm eine Kraft \vec{F}_1 an, dreht sich der Hebel in Richtung der Kraft, also entgegen dem Uhrzeigersinn. **Den Abstand zwischen dem Angriffspunkt der Kraft \vec{F}_1 und dem Drehpunkt D bezeichnet man als Hebelarm oder Kraftarm \vec{a}_1 .** Es ist der Vektor von D zum Angriffspunkt.

Die Mechanik ist das Gebiet der Physik, das uns im Alltag ständig begegnet und beeinflusst. Im Gegensatz zur Berechnung von Halbwertszeiten radioaktiver Elemente oder den Wellenlängen verschiedenfarbigen Lichts beschäftigen wir uns doch recht häufig mit Geschwindigkeit und Kraft. So sind uns viele Aspekte der Mechanik nicht ganz unbekannt. In der Physik werden die Dinge meist differenzierter und genauer betrachtet und dargestellt, als im Alltag.

Beim Berechnen von Drehmomenten ist zu beachten, dass nur jener Teil der am Hebel wirkenden Kraft zum Drehmoment beiträgt, der senkrecht zum Hebelarm wirkt. Wirkt eine Kraft schräg am Hebelarm, muss man diese zerlegen und nur der Teil, der tatsächlich senkrecht zum Hebelarm wirkt, geht in das Drehmoment ein (■ Abb. 3.15). Hierzu erinnern wir uns an die Vektorzerlegung (► Abschn. 1.2) und die Trigonometrie (► Abschn. 1.3); so erhalten wir für den Betrag des Drehmoments M:

$$M = a \cdot F_3$$

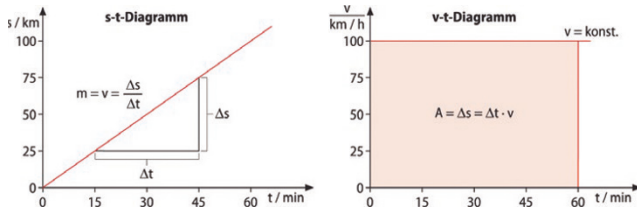


Abb. 3.1 Weg-Zeit- oder s-t-Diagramm (links) und Geschwindigkeits-Zeit- oder v-t-Diagramm (rechts) einer gleichförmigen Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit

Hätten Sie's gewusst?

Leitungsgeschwindigkeit von Nervenfasern

Die Ausbreitung des Aktionspotenzials an einem myelinisierten Axon ist ebenfalls eine gleichförmige Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit, die man folglich mit der Formel $v = s/t$ berechnen kann. Die Bestimmung der Leitungsgeschwindigkeit hat auch große Bedeutung in Neurologie und Orthopädie.

kurz & knapp

- Die **Grundgrößen der Mechanik** sind die **Länge l**, die **Zeit t** und die **Masse m**.
- Die **Durchschnittsgeschwindigkeit** gibt die im Mittel gefahrene Geschwindigkeit über eine bestimmte Strecke Δs an und kann mit der Formel $v = \Delta s/\Delta t$ berechnet werden.

3.1.8 Übungsaufgaben

Aufgabe 1:

- a. Ein Rennradfahrer fährt in 75 min eine Strecke von 55 km. Für die ersten 50 km benötigt er genau 60 min und für die restlichen 5 km den Rest der Zeit, da er bergan fahren muss. Berechnen Sie die Durchschnittsgeschwindigkeit in km/h auf der Gesamtstrecke und auf den beiden Teilstrecken und zeichnen Sie ein s-t- und ein v-t-Diagramm dieser Bewegung.

Lösung 1 (Abb. 3.25)

- a. Die Durchschnittsgeschwindigkeit kann man einfach mittels $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ bestimmen, wobei Δs die insgesamt zurückgelegte Strecke ist,
 b. also $\Delta s = 55$ km, und Δt die benötigte Zeit, $\Delta t = 90$ min. Also:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{55 \text{ km}}{75 \text{ min}} = \frac{55 \text{ km}}{1\frac{1}{4} \text{ h}} = \frac{55 \text{ km}}{\frac{5}{4} \text{ h}} = \frac{55 \text{ km} \cdot 4}{5 \text{ h}} = 44 \text{ km/h.}$$

Alles klar!

Welche Energie wurde beim Auffahrunfall »vernichtet« und wie groß war die Kraft, die auf die Halswirbelsäule einwirkte?

Zunächst zur Energie, diese Frage ist jetzt leicht zu beantworten. Der PKW besaß kurz vor dem Aufprall nur kinetische Energie. Diese können wir berechnen mit der Formel:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2.$$

Hätten Sie's gewusst?

Interessantes für zwischendurch

kurz & knapp

Die Kernpunkte aus dem Kapitel zur Wiederholung

Übungsaufgaben und Lösungen

Kapitel verstanden? Die Aufgaben zeigen es!

Alles klar?

Die Antwort auf die Frage zu Beginn: Chemie + Physik ist doch nicht so trocken, oder?

Aufgabe 1

Inhaltsverzeichnis

I Grundlagen

1	Mathematische Grundlagen	3
	<i>Anne McDougall, Philipp Wagner, Ann-Kathrin Hartmann und Annekathrin Dresek</i>	
1.1	Gleichungen	5
1.2	Vektoren und Skalare	11
1.3	Trigonometrie	17
1.4	Potenzen und Potenzfunktionen	23
1.5	Einfache Differenziale und Integrale	31
1.6	Messen und Messunsicherheiten – Statistik	37
1.7	Grafische Darstellung von Zusammenhängen	45
2	Naturwissenschaftliche Grundlagen	55
	<i>Annekathrin Dresek, Ann-Kathrin Hartmann, Philipp Wagner und Anne McDougall</i>	
2.1	SI-Einheiten	56
2.2	Atombau, Bohr'sches Atommodell	61
2.3	Stoffe & Co.	64
2.4	Masse, Stoffmenge, Dichte und Konzentration	70
2.5	Stöchiometrisches Rechnen	76

II Physik

3	Mechanik	83
	<i>Lisa Schiefele, Stefanie Bohn und Simon Sachs</i>	
3.1	Physik starrer Körper	84
3.2	Verformbare Körper und Blutkreislauf	116
3.3	Mechanische Schwingungen und Wellen	144
4	Wärmelehre	171
	<i>Maria Heuberger und Theresa Fels</i>	
4.1	Temperatur	172
4.2	Wärme	177
4.3	Gaszustand	184
4.4	Transportphänomene	193
4.5	Stoffgemische	207
5	Elektrizitätslehre	217
	<i>Stefanie Rankl und Philipp Wagner</i>	
5.1	Elektrische Ladung und elektrisches Feld	219
5.2	Elektrische Spannung und elektrisches Potenzial	227
5.3	Einfache Stromkreise	229
5.4	Magnetismus, Induktion und elektromagnetische Welle	240
5.5	Wechselspannung, Wechselstrom, biologische Wirkung	252
5.6	Elektrizitätsleitung – Leitungsmechanismen	262

6	Optik	273
	<i>Susanne Albrecht</i>	
6.1	Licht	274
6.2	Geometrische Optik	282
6.3	Wellenoptik	306
6.4	Optische Instrumente	310
7	Ionisierende Strahlung	319
	<i>Dominik Schneidawind</i>	
7.1	Radioaktivität	320
7.2	Röntgenstrahlung	329
7.3	Wirkung ionisierender Strahlung	337
III	Chemie	
8	Allgemeine Chemie	347
	<i>Jürgen Schatz, Lisa Schiefele, Katharina Trenkle, Birgit Beyrle und Karin Baur</i>	
8.1	Einführung	348
8.2	Chemische Bindungen	350
8.3	Chemisches Gleichgewicht	376
8.4	Oxidation, Reduktion, Redoxreaktion	396
8.5	Chemische Reaktionsenergetik und -kinetik	410
9	Anorganische Chemie	433
	<i>Verena Gruber</i>	
9.1	Periodensystem (PSE)	434
9.2	Exemplarische Abhandlung der Chemie wichtiger Elemente	439
10	Organische Chemie	451
	<i>Stefanie Bohn, Dominik Buckert, Stefanie Rankl und Ricarda Krebs</i>	
10.1	Kohlenwasserstoffe	452
10.2	Organische Verbindungen mit Heteroatomen	471
10.3	Grundlegende Reaktionstypen und -mechanismen der organischen Chemie	493
10.4	Einführung in die Naturstoffe: Kohlenhydrate, Fette und Aminosäuren	513
11	Komplexchemie	545
	<i>Malte Schirrmann</i>	
11.1	Einleitung	546
11.2	Genereller Aufbau	546
11.3	Struktur und Geometrie	547
11.4	Chelatkomplexe	549
11.5	Stabilität	551
11.6	Isomerie	554
11.7	Bindungstheorien	555
12	Nomenklatur in der Chemie	559
	<i>Heike Görner</i>	
12.1	Einleitung	560
12.2	Anorganische Stoffe	561
12.3	Funktionelle Gruppen und Ausnahmen	564
12.4	Organische Stoffe	565
12.5	Komplexnomenklatur	570

13	Spektroskopie	575
	<i>Jürgen Schatz</i>	
13.1	Einleitung	576
13.2	Infrarot-Spektroskopie	577
13.3	UV/vis-Spektroskopie	579
13.4	Kristallstrukturanalyse	580
13.5	Magnetresonanz-Spektroskopie (NMR-Spektroskopie)	580
13.6	Massenspektrometrie	583
14	Medizinisch relevante Werkstoffe und Biomaterialien	587
	<i>Jürgen Schatz</i>	
14.1	Einleitung	588
14.2	Metalle und Legierungen	589
14.3	Keramische Materialien	590
14.4	Polymere	590
Anhang		
A1	Formelsammlung und wichtige Tabellen	598
A2	Stichwortverzeichnis	618