

LEHRBUCH

Beat Akeret

Rechnen im Labor

mit zahlreichen Aufgaben
und Lösungswegen aus dem
biologisch-technischen Alltag



Springer Spektrum

Rechnen im Labor

Beat Akeret

Rechnen im Labor

mit zahlreichen Aufgaben und
Lösungswegen aus dem
biologisch-technischen Alltag

Beat Akeret
Berufsbildungsschule Winterthur (BBW)
Winterthur, Schweiz

ISBN 978-3-662-58661-7

ISBN 978-3-662-58662-4 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-58662-4>

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

Springer Spektrum

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 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 allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

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.

Planung und Lektorat: Sarah Koch

Springer Spektrum 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

Einleitung

Auch wenn in modernen Biologiellaboratorien heute oft mit fertigen Kitts oder streng nach SOP-Vorgaben gearbeitet wird und Messgeräte oftmals direkt an einen Computer angeschlossen sind, sodass gleich fertig aufgearbeitete Messresultate zur Verfügung stehen, gibt es in der Berufspraxis immer wieder Situationen, in denen eine Laborantin/ein Laborant bzw. ein Biologe/eine Biologin etwas berechnen oder überprüfen muss:

- Wie viel Wirksubstanz wird zur Herstellung einer Lösung benötigt?
- Wie viele Sporen, Zelle oder Bakterien enthält eine Suspension?
- Was bedeuten die Ergebnisse, die ein Fotometer, ein pH-Meter oder ein anderes Messgerät liefert?
- Welche Konzentration hat eine Lösung, Suspension, Säure oder Lauge?

Damit im Biologiellabor tätige Personen im Berufsalltag in der Lage sind, solche Fragen zu beantworten, benötigen sie ein Rüstzeug an mathematischen Grundfertigkeiten sowie Rezepte, d. h. Formeln und andere Vorgaben, zur Berechnung gesuchter Werte.

Auf Anregung des Zürcher Laborpersonalverbandes, einer Sektion des Fachverbandes für Labor und Betrieb (FLB), wurde hierfür das vorliegende Fachrechnungsbuch von Dr. Beat Akeret ausgearbeitet. Er ist Biologe und unterrichtet seit mehr als 25 Jahren Laboranten an der Berufsbildungsschule Winterthur (BBW) in Angewandter Mathematik, Biologie, Biochemie und anderen berufskundlichen Fächern.



Das Buch enthält, aufgeteilt in elf Themenbereiche, die notwendige Theorie, Rechenbeispiele sowie mehr als 600 Übungsaufgaben. Nach einer kurzen Repetition der wichtigsten, fürs Rechnen im Labor benötigten Mathematik- und Geome-

triegrundlagen werden alle relevanten Fachrechnungsthemen in aufbauender Reihenfolge abgehandelt. Um es den Schülern und Studenten zu ermöglichen, mit dem jeweiligen Thema vertraut zu werden und die nötige Sicherheit bzw. Routine beim Lösen der verschiedenen Aufgaben zu erlangen, wurden die Aufgaben nach Schwierigkeitsgrad geordnet. Jedes Kapitel beginnt mit leichten Aufgaben, gekennzeichnet durch einen Stern (*). Diese Aufgaben können meist analog zu den aufgeführten Beispielen gelöst werden. Etwas anspruchsvoller sind die Zweistern-Aufgaben (**). Bei diesen muss das aktuelle Thema mit anderen Themen kombiniert werden. Oder es sind bei der Berechnung mehrere Rechnungsschritte nötig. Besonders anspruchsvoll sind jeweils am Ende eines Kapitels die Dreistern-Aufgaben (***). Um diese lösen zu können, benötigt man Zeit, Geduld und oftmals ein gewisses Maß an mathematischer Kreativität, denn hier wurden jeweils unterschiedliche Themenbereiche zu einer einzigen Aufgabe kombiniert.

Das Buch wurde so aufgebaut, dass es prinzipiell möglich ist, den gesamten Stoff autodidaktisch zu erarbeiten. Um dies zu erleichtern, wurden in einem speziellen Kapitel von allen Übungsaufgaben nicht nur die Resultate, sondern jeweils der komplette Lösungsweg aufgeführt. Das Buch soll es Studierenden ermöglichen, sich sorgfältig auf Prüfungen vorzubereiten. Als Vorbereitung auf die Abschlussprüfung wurden in Kap. 12 insgesamt 176 Zusatzaufgaben ohne besonderen Themenbezug und ohne Angaben zum Schwierigkeitsgrad bunt gemischt. So kann gegen Ende der Ausbildung nochmals geübt werden, um für unterschiedliche Arten von Aufgaben die jeweils beste Lösungsstrategie zu finden.

Das vorliegende Buch soll es darüber hinaus Dozenten und anderen Ausbildnern erleichtern, Studenten in angewandter Mathematik für die Biologie zu unterrichten bzw. sie bei den Prüfungsvorbereitungen optimal zu unterstützen. Weiter sollen Prüfungsexperten und Prüfungsexpertinnen eine umfangreiche Aufgabensammlung in die Hände bekommen, die es ihnen ermöglicht, Prüfungsaufgaben zu formulieren. Und nicht zuletzt soll es Lehrpersonen und Professoren in ihrem Bestreben unterstützen, einen Unterricht mit gutem Praxisbezug zu gewährleisten.

Als Grundlage für die Zusammenstellung dieses Buches diente der seit einigen Jahren vergriffene „Rechentypenkatalog für Biologielaboranten“ des Schweizerischen Laborpersonalverbandes von 1982. Die daraus entnommenen Aufgaben wurden teilweise umformuliert, um die Verständlichkeit zu verbessern, bzw. sie wurden aktualisiert und wo nötig korrigiert. Zusätzlich wurden Aufgaben aus alten Prüfungen übernommen und alles mit der nötigen Theorie sowie einer großen Zahl von vom Autor selbst neu formulierten Aufgaben und Beispielen ergänzt.

Im Rechentypenkatalog von 1982 fehlte eine Reihe von Themengebieten, die seither Einzug ins moderne Biologielabor gehalten oder an Bedeutung gewonnen haben. So etwa die Fotometrie, die Enzymkinetik oder Pufferberechnungen. Diese und weitere Themen wurden deshalb zusätzlich ins vorliegende Buch aufgenommen, um angehenden Biologen, Pharmakologen oder Biologielaboranten eine zeitgemäße Labormathematik zu vermitteln.

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen	1
1.1	Einführung	1
1.2	Mathematische Grundoperationen	1
1.3	Potenzen	3
1.4	Komplexe Formeln	4
1.5	Umformen von Gleichungen	6
1.6	Genauigkeit und Formate	9
1.6.1	Festkommaformat (FIX- bzw. FX-Format)	10
1.6.2	Wissenschafts- oder Science-Format (SCI- bzw. SC-Format)	11
1.6.3	Ingenieur- oder Engineering-Format (ENG- bzw. EN-Format)	11
1.7	SI-Einheiten, Basisgrößen und abgeleitete Größen	12
1.8	Volumen-, Massen- und Teilchenstrom	19
1.9	Rechnen mit Faktoren	23
2	Anteile, Konzentrationen und Dichte	29
2.1	Einleitung	29
2.2	Massenanteil (w) und Volumenanteil (σ)	29
2.3	Massenkonzentration (β)	33
2.4	Stoffmengenkonzentration (c)	37
2.5	Dichte (ρ)	45
2.5.1	Dichtebestimmung von Flüssigkeiten	47
2.5.2	Dichtebestimmung von Festkörpern	51
3	Dosis und Applikationsvolumen	55
3.1	Grundlagen	55
3.2	Formulierungen in der Agrobiologie	61
4	Mischen und Verdünnen	67
4.1	Mischen	67

4.2	Mischungen mit Stoffmengenkonzentrationen (c)	74
4.3	Verdünnungen	77
4.3.1	Verdünnungsmischungen	79
4.3.2	Volumenkontraktion	80
4.4	Geometrische Verdünnungsreihen	84
5	Massenanteile in Verbindungen	95
5.1	Massenanteile	95
5.2	Kristallwasser	100
6	Fotometrie	105
6.1	Licht und Farben	105
6.1.1	Additive Farbmischung/Lichtfarben	106
6.1.2	Subtraktive Farbmischung/Körperfarben	107
6.2	Spektrofotometrie	107
6.2.1	Absorptionsmessungen	109
6.2.2	Konzentrationsbestimmungen	110
6.3	Enzyme	116
6.3.1	Enzymaktivitätsbestimmungen	118
7	Säuren und Basen	123
7.1	Grundlagen der Säure-Basen-Chemie	123
7.2	Säure- und Basenkonstante (pK_S und pK_B)	124
7.3	pH-Wert	125
7.3.1	pH-Werte von Lösungen starker Säuren ($pK_s < 0$)	127
7.3.2	pH-Werte von Lösungen schwacher Säuren ($pK_s \geq 0$)	128
7.3.3	pH-Werte von Basen	134
7.4	Pufferlösungen	136
7.4.1	Wirkungsweise einer Pufferlösung	136
7.5	Säure/Basen-Titration	140
7.5.1	Titration einwertiger Säuren und Basen	140
7.5.2	Titration mehrwertiger Säuren und Basen	143
7.5.3	Rücktitration	149
7.5.4	Enzymaktivitätsbestimmung mittels Titration	149
8	Chemisches Rechnen	151
8.1	Einführung	151
8.2	Chemische Berechnungen	152
9	Gase	161
9.1	Einführung	161
9.2	Molvolumen idealer Gase	162
9.3	Allgemeines Gasgesetz	164
10	Statistik	169
10.1	Einführung	169

10.2	Mittelwert und Median	170
10.3	Varianz und Standardabweichung	171
10.4	Lineare Regression	177
10.4.1	Lineare Regression mit Taschenrechner und Computer	180
11	Grafische Darstellungen	183
11.1	Einführung	183
11.2	Diagrammtypen	183
11.3	Daten mit sehr großem Streubereich	187
11.4	Bestimmung von Werten mittels grafischer Darstellungen	189
12	Aufgaben zu gemischten Themen	197
13	Lösungen	229
13.1	Lösungen zu Kap. 1 – Mathematische Grundlagen	229
13.1.1	Lösungen Abschn. 1.4 – Komplexe Formeln	229
13.1.2	Lösungen Abschn. 1.5 – Umformen von Gleichungen	230
13.1.3	Lösungen Abschn. 1.6 – Genauigkeit und Formate	232
13.1.4	Lösungen zu Abschn. 1.7 – SI-Einheiten, Basisgrößen und abgeleitete Größen	233
13.1.5	Lösungen Abschn. 1.8 – Volumen- und Massenstrom	250
13.1.6	Lösungen Abschn. 1.9 – Rechnen mit Faktoren	258
13.2	Lösungen zu Kap. 2 – Massenanteil, Konzentration und Dichte	270
13.2.1	Lösungen Abschn. 2.2 – Massen- und Prozentanteil (w)	270
13.2.2	Lösungen Abschn. 2.3 – Massenkonzentration (β)	276
13.2.3	Lösungen Abschn. 2.4 – Stoffmengenkonzentration (c)	289
13.2.4	Lösungen Abschn. 2.5 – Dichte (ρ)	300
13.3	Lösungen Kap. 3 – Dosis und Applikationsvolumen	319
13.3.1	Lösungen Abschn. 3.1 Grundlagen	319
13.3.2	Lösungen Abschn. 3.2 – Formulierungen in der Agrobiologie	338
13.4	Lösungen Kap. 4 – Mischen und Verdünnen	355
13.4.1	Lösungen Abschn. 4.1 – Mischen	355
13.4.2	Lösungen Abschn. 4.2 – Mischungen mit Stoffmengenkonzentrationen (c)	364
13.4.3	Lösungen Abschn. 4.3 – Verdünnungen	376
13.4.4	Lösungen Abschn. 4.4 – Geometrische Verdünnungsreihen	394
13.5	Lösungen Kap. 5 – Massenanteile in Verbindungen	412
13.5.1	Lösungen Abschn. 5.1 – Massenanteile	412
13.5.2	Lösungen Abschn. 5.2 – Kristallwasser	426
13.6	Lösungen Kap. 6 – Fotometrie	436
13.6.1	Lösungen Abschn. 6.2 – Spektrofotometrie	436
13.6.2	Lösungen Abschn. 6.3 – Enzyme	458
13.7	Lösungen Kap. 7 – Säuren und Basen	467

13.7.1	Lösungen Abschn. 7.3 – pH-Wert	467
13.7.2	Lösungen Abschn. 7.4 – Pufferlösungen	477
13.7.3	Lösungen Abschn. 7.5 – Säuren und Basen/Titration	487
13.8	Lösungen Kap. 8 – Chemisches Rechnen	509
13.8.1	Lösungen Abschn. 8.2 – Chemische Berechnungen	509
13.9	Lösungen Kap. 9 – Gase	527
13.9.1	Lösungen Abschn. 9.2 – Molvolumen idealer Gase	527
13.9.2	Lösungen Abschn. 9.3 – Allgemeines Gasgesetz	530
13.10	Lösungen Kap. 10 – Statistik	546
13.10.1	Lösungen Abschn. 10.2 – Mittelwert und Median	546
13.11	Lösungen Kap. 11 – Grafische Darstellungen	552
13.11.1	Lösungen Abschn. 11.4 – Bestimmung von Werten mittels grafischer Darstellungen	552
13.12	Lösungen Kap. 12 – Gemischte Themen	556
Anhang		575
A.1	Tabellen	575
A.2	Formeln und Symbole	578