
Studienbücher Chemie

Herausgegeben von

Prof. Dr. Jürgen Heck

Prof. Dr. Burkhard König

Prof. Dr. Roland Winter

Weitere Bände in dieser Reihe

<http://www.springer.com/series/12700>

Die Studienbücher der Reihe Chemie sollen in Form einzelner Bausteine grundlegende und weiterführende Themen aus allen Gebieten der Chemie umfassen. Sie streben nicht unbedingt die Breite eines umfassenden Lehrbuchs oder einer umfangreichen Monographie an, sondern sollen den Studierenden der Chemie – durch ihren Praxisbezug aber auch den bereits im Berufsleben stehenden Chemiker – kompakt und dennoch kompetent in aktuelle und sich in rascher Entwicklung befindende Gebiete der Chemie einführen. Die Bücher sind zum Gebrauch neben der Vorlesung, aber auch anstelle von Vorlesungen geeignet. Es wird angestrebt, im Laufe der Zeit alle Bereiche der Chemie in derartigen Texten vorzustellen. Die Reihe richtet sich auch an Studierende anderer Naturwissenschaften, die an einer exemplarischen Darstellung der Chemie interessiert sind.

Gerhard Hilt • Peter Rinze

Chemisches Praktikum für Mediziner

8., überarbeitete Auflage

Gerhard Hilt
Universität Marburg
Marburg
Deutschland

Peter Rinze
Universität Hamburg
Hamburg
Deutschland

Die Reihe Studienbücher für Chemie wurde bis 2013 herausgegeben von:

Prof. Dr. Christoph Elschenbroich, Universität Marburg
Prof. Dr. Friedrich Hensel, Universität Marburg
Prof. Dr. Henning Hopf, Universität Braunschweig

Produkthaftung:

Die Autoren haben die Angaben in diesem Praktikumbuch nach bestem Wissen zusammengestellt. Dennoch sind fehlerhafte Angaben und Druckfehler nicht völlig auszuschließen. Deshalb kann für die Richtigkeit und Unbedenklichkeit der Angaben über den Umgang mit Chemikalien und deren Einstufung nach der Gefahrstoffverordnung keine Haftung übernommen werden. Bezüglich der dabei einzuhaltenden Vorschriften wird auf diese direkt verwiesen. Die Verantwortung für zu erstellende Betriebsanweisungen usw. tragen die jeweiligen Unterzeichner dieser Anweisungen.

ISBN 978-3-658-00410-1
DOI 10.1007/978-3-658-00411-8

ISBN 978-3-658-00411-8 (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 Spektrum

© Springer Fachmedien Wiesbaden 1991, 1993, 1997, 1999, 2001, 2007, 2009, 2015

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.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-spektrum.de

*Der Philosoph, der tritt herein
Und beweist euch, es müsst so sein:
Das Erst' wär so, das Zweite so,
Und drum das Dritt' und Vierte so;
Und wenn das Erst' und Zweit nicht wär,
Das Dritt und Viert' wär' nimmermehr.
Das preisen die Schüler aller Orten,
Sie sind aber keine Weber geworden.
Wer will was Lebendigs erkennen und beschreiben,
Sucht erst den Geist herauszutreiben,
Dann hat er die Teile in seiner Hand.
Fehlt, leider! nur das geistige Band.
Encheiresin naturae nennt's die Chemie,
Spottet ihrer selbst und weiß nicht wie.
J.W. Goethe, „Faust“ 1808*

Vorwort

Die Kenntnisse der Grundlagen der Chemie sind für den Mediziner unerlässlich zum Verständnis der biochemischen Prozesse bei allen wichtigen Lebensvorgängen. Ein *Chemisches Praktikum für Studierende der Medizin oder der Zahnmedizin* hat daher zwei Aufgaben zu erfüllen:

- Die Studierenden müssen mit den in der Chemie angewandten Methoden vertraut gemacht werden und praktische Kenntnisse über experimentelles Arbeiten vermittelt bekommen.
- Gleichzeitig dient das Chemiepraktikum dazu, die in Vorlesungen und Übungen sowie durch Lehrbücher vermittelten chemischen Grundkenntnisse durch aktive Auseinandersetzung mit dem Stoff zu festigen und zu vertiefen.

Aus der großen Stofffülle, die auch durch die „Stoffgrundlagen für die schriftlichen ärztlichen Prüfungen“ gegeben ist, können in einem Praktikum nur einzelne Problemkreise schwerpunktmäßig ausgewählt werden.

Bei der Auswahl der exemplarischen Versuche haben wir vorrangig solche ausgewählt, die für stoffbezogene Lebensvorgänge besonders bedeutsam sind. Soweit es der Rahmen eines Praktikumsbuches zulässt, wird auch auf entsprechende Zusammenhänge hingewiesen.

Das vorliegende Praktikumsbuch profitiert von den langjährigen Erfahrungen mit dem „Chemischen Praktikum für Mediziner“ an der Philipps-Universität Marburg, dessen grundlegendes Konzept in den fünfziger Jahren von Prof. Dr. K. Dimroth in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. C. Mahr entwickelt wurde:

An nach Themenschwerpunkten gegliederten Kurstagen wurden den Studierenden weinige, aber dafür anspruchsvolle und vom Ergebnis her überprüfbare Aufgaben gestellt, deren Lösung die aktive Mitarbeit erforderte. Bei der Auswahl der Aufgaben wurde darauf geachtet, dass der Chemikalienverbrauch möglichst gering gehalten wurde. Letzteres gewinnt heute im Zusammenhang mit dem Gebot der Sonderabfallvermeidung eine besondere Bedeutung.

1961 wurden die Kurstage und Versuche erstmals zu einem Praktikumsbuch zusammengefasst, das in der Zwischenzeit von einigen anderen Hochschulen übernommen wur-

de oder als Anregung für ein eigenes Praktikumsbuch diene. Das Buch wurde im Laufe der Jahre mehrfach ergänzt und neuen Anforderungen angepasst. Zu diesen haben neben den verschiedenen Praktikumsleitern auch viele Assistenten beigetragen, so dass eine echte Gemeinschaftsarbeit entstanden ist.

Für die jetzt vorliegende neue Form wurde der gesamte Stoff gründlich überarbeitet, an dem von Dimroth und Mahr aufgestellten Grundkonzept des „Marburger Praktikums“ jedoch festgehalten.

Den Erfordernissen zur Vermittlung des sicheren Umgangs mit Gefahrstoffen wurde durch eine ausführliche Einleitung in die Problematik und die Aufnahme entsprechender Hinweise und Anweisungen bei den einzelnen Versuchen Rechnung getragen.

Ein Chemisches Praktikum, das als Nebenfachpraktikum für eine große Zahl von Teilnehmern innerhalb einer nur kurzen Zeitspanne durchzuführen ist, muss in der Regel als Kurspraktikum konzipiert sein. Dabei können aus wirtschaftlichen und auch aus didaktischen Gründen die modernen analytischen Laboreinrichtungen („Black Boxes“) nicht im Vordergrund stehen. Die Betonung muss vielmehr auf der Vermittlung der Prinzipien dieser heute angewandten Labormethoden liegen, auch wenn in Einzelfällen die Einführung etwas aufwendigerer moderner Techniken in das Praktikum durchaus sinnvoll sein mag. Das Buch versucht daher, mit ganz einfachen Mitteln die Prinzipien solcher Verfahren zu vermitteln und bereitet so auch auf die Anwendung aufwendigerer Methoden wie z. B. der Photometrie oder moderner chromatographischer Methoden vor. Die ^1H -Kernresonanzspektroskopie, die in Form der Kernspintomographie in der Medizin besondere Bedeutung erhält, wird dadurch in das Praktikum eingeführt, dass anhand vorgelegter Messergebnisse (Spektren) einige einfache Aufgaben zur Strukturermittlung zu lösen sind. Der Aufbau von Molekülmodellen einfacher Naturstoffe soll eine Vorstellung vom räumlichen Bau dieser Verbindungen und den damit verbundenen Wirkungs- und Reaktionsprinzipien vermitteln.

Bei der Auswahl und Zusammenstellung der Versuche sind wir von zehn bis elf Kurstagen zu je 4 h reiner Labortätigkeit ausgegangen. Durch die Beschränkung auf bestimmte Versuche ist jedoch eine Anpassung an zeitliche und örtliche Gegebenheiten möglich, ohne dass dadurch das Gesamtkonzept des Praktikums geändert werden muss.

Unser besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. K. Dimroth für die Anregung, das von ihm eingeführte Praktikum als Grundlage unseres Buches zu benutzen.

Den vielen Ungenannten, die im Laufe der Jahre an der ständigen Weiterentwicklung des Praktikums beteiligt waren, sei an dieser Stelle ebenfalls gedankt. Unseren Kollegen Prof. Dr. A. Berndt und Prof. Dr. H. Perst sowie den Herausgebern dieser Studienbuchreihe danken wir für wertvolle Diskussionen und kritische Anmerkungen. Herrn Dr. M. Julius sind wir für die Durchführung einer Reihe neuer Versuche, Frau I. Bublys, Frau A. Bamberger, Frau H. Burdorf und Frau H. Rinze für ihre Mithilfe bei der Gestaltung des Manuskriptes dankbar.

Die Leser dieses Praktikumsbuches bitten wir um kritische Kommentare und Anregungen.

Vorwort zur 7. Auflage

Für die 6./7. *Auflage* fand ein Wechsel in der Betreuung des organisch-chemischen Teils des Praktikumsbuches statt was zu einer teilweisen Umgestaltung dieses Teils führte. In diesem Zusammenhang wurde die Relevanz der ^1H Kernresonanzspektroskopie als explizit zu besprechende Analysenmethode für die Ausbildung der Medizinstudent(inn)en nicht mehr in dem Maß wahrgenommen, wie es der vorangehende Autor des organisch-chemischen Teils empfand. Daher wurden die entsprechenden Aufgaben aus dem Praktikumsbuch entfernt und die Darstellungsformen über das gesamte Buch weitestgehend vereinheitlicht.

Alle mit Gefahrstoffen im Zusammenhang stehenden Ausführungen und Hinweise mussten aktualisiert werden. Leider können zum gegenwärtigen Zeitpunkt die zukünftig in diesem Zusammenhang erfolgenden Änderungen noch nicht berücksichtigt werden.

Marburg und Buchholz
Dezember 2008

G. Hilt
P. Rinze

Vorwort zur 8. Auflage

Für die 8. Auflage wurden die Sicherheitshinweise für die im Praktikum verwendeten Chemikalien auf den aktuellen Stand gebracht. Für die tatkräftige Unterstützung dabei möchte ich mich bei Frau Natalia Fritzler bedanken. Mein Dank gilt auch all den interessierten und kritischen Lesern, denen noch Fehler in der 6./7. Auflage aufgefallen sind. Die Umgestaltung des Layouts wurde von Frau Kerstin Hoffmann vom Springer Verlag vorgenommen, der ich an dieser Stelle ebenfalls danken möchte.

Marburg, Februar 2014

G. Hilt

Wichtiger Hinweis zur Kursvorbereitung

Bevor Sie Versuche mit Chemikalien und damit auch mit potentiellen Gefahrstoffen in den in diesem Buch beschriebenen Versuchsreihen der jeweiligen Kurstage durchführen, haben Sie als Nutzer dieses Buches die Pflicht sich mit den Regeln zum ordnungsgemäßen Umgang mit Gefahrstoffen vertraut zu machen. Dies gilt auch für die am Beginn jedes Kurstages aufgeführten H- und P-Sätze, die Ihnen Hinweise auf die Gefahreinstufung für die jeweiligen Chemikalien geben. Weitere Hinweise zu Schutzmaßnahmen finden Sie im Anhang dieses Buches.

Inhaltsverzeichnis

1. Kurstag: Maßanalyse – Säuren und Basen	1
Aufgaben	2
1. Aufgabe	2
2. Aufgabe	5
3. Aufgabe	7
4. Aufgabe	7
5. Aufgabe	8
Erläuterungen	9
1. Maßanalyse	9
2. Messgefäße	10
3. Molare Lösungen	11
4. Säuren und Basen	12
5. Gleichgewichtsreaktionen und Massenwirkungsgesetz	14
6. Massenwirkungskonstanten von Protolysereaktionen	16
7. Protolysegrad schwacher Säuren	19
8. Säure-Base-Titrationen	21
2. Kurstag: Aktivität – Schwache Säuren und Basen – Pufferlösungen	27
Aufgaben	28
6. Aufgabe	28
7. Aufgabe	28
8. Aufgabe	29
9. Aufgabe	29
10. Aufgabe	30
11. Aufgabe	31
12. Aufgabe	32
Erläuterungen	32
1. Aktivität und Aktivitätskoeffizient	32
2. Schwache Säuren und Basen	34
3. Puffersysteme	37
4. Bedeutung von Puffersystemen	39

3. Kurstag: Mehrphasensysteme – Heterogene Gleichgewichte – qualitative Nachweisreaktionen	41
Aufgaben	43
13. Aufgabe	43
14. Aufgabe	44
15. Aufgabe	44
16. Aufgabe	44
17. Aufgabe	45
18. Aufgabe	45
19. Aufgabe	46
20. Aufgabe	47
Erläuterungen	48
1. Homogene und heterogene Gleichgewichte	48
2. Lösungen von ionischen Feststoffen in Wasser	50
3. Ausfällen und Auflösen von Niederschlägen	56
4. Ionenaustauscher	58
4. Kurstag: Komplexverbindungen – Komplexbildungsgleichgewichte – Kolorimetrie	63
Aufgaben	65
21. Aufgabe	65
22. Aufgabe	66
23. Aufgabe	67
24. Aufgabe	68
25. Aufgabe	68
26. Aufgabe	68
Erläuterungen	69
1. Die chemische Bindung	69
2. Komplexverbindungen	72
3. Chelatkomplexe	75
4. Komplexbildungsgleichgewichte	77
5. Nomenklatur der Komplexverbindungen	80
6. Komplexometrie	81
7. Porphyrin-Komplexe	83
8. Kolorimetrie und Photometrie	85
5. Kurstag: Oxidation und Reduktion	91
Aufgaben	93
27. Aufgabe	93
28. Aufgabe	93
29. Aufgabe	94
30. Aufgabe	94

31. Aufgabe	94
32. Aufgabe	95
33. Aufgabe	96
34. Aufgabe	97
Erläuterungen	98
1. Oxidation und Reduktion	98
2. Redox-Disproportionierungsreaktionen	101
3. Iodometrische Reaktionen und Analysenverfahren	102
4. Elektrochemische Potentiale	103
5. pH-abhängige Redoxpotentiale	108
6. pH-Messungen	110
6. Kurstag: Funktionelle Gruppen – Löslichkeit, Verteilung – Nukleophile Substitution	113
Aufgaben	115
35. Aufgabe	115
36. Aufgabe	115
37. Aufgabe	116
38. Aufgabe	116
39. Aufgabe	116
40. Aufgabe	117
Erläuterungen	117
1. Funktionelle Gruppen	117
2. Wasserstoffbrückenbindung	118
3. Hydrophobe und hydrophile Molekülteile (35. und 36. Aufgabe)	118
4. Der Einfluss des Alkylrests auf den Verlauf der nukleophilen Substitution (37. bis 39. Aufgabe)	119
5. Chiralität (40. Aufgabe)	123
7. Kurstag: Hydrolyse von Carbonsäureestern – Reaktionskinetik – Katalyse ...	127
Aufgaben	128
41. Aufgabe	128
42. Aufgabe	129
43. Aufgabe	133
Erläuterungen	134
1. Hydrolyse von Carbonsäureestern	134
2. Reaktionskinetik	137
8. Kurstag: Carbonylverbindungen	143
Aufgaben	145
44. Aufgabe	145
45. Aufgabe	146

46. Aufgabe	147
47. Aufgabe	147
48. Aufgabe	147
Erläuterungen	148
1. Reaktionen am elektrophilen Carbonyl-C-Atom	148
2. Die Knüpfung von C-C-Bindungen (46. Aufgabe)	151
3. Die Keto-Enol-Tautomerie (45. Aufgabe)	153
4. Decarboxylierung von β -Ketocarbonsäuren – Oxidation der Äpfelsäure und anschließende Decarboxylierung (48. Aufgabe)	155
5. Additionen an die C=C-Doppelbindung (45. und 47. Aufgabe)	156
6. Reinigung fester Stoffe durch Umkristallisieren (44. Aufgabe, siehe auch 3. Kurstag)	157
9. Kurstag: Chromatographie – Aminosäuren – Säurederivate	159
Aufgaben	161
49. Aufgabe	161
50. Aufgabe	162
51. Aufgabe	163
52. Aufgabe	164
Erläuterungen	164
1. Stofftrennung mit Hilfe chromatographischer Methoden (50. Aufgabe)	164
2. α -Aminosäuren (49. und 52. Aufgabe)	166
3. Die Carbonsäurederivate (50. Aufgabe)	168
4. Sulfonamide (51. Aufgabe)	169
5. Infrarotspektroskopie (50. Aufgabe)	170
10. Kurstag: Chemie der Kohlenhydrate	171
Aufgaben	172
53. Aufgabe	172
54. Aufgabe	173
55. Aufgabe	173
56. Aufgabe	174
57. Aufgabe	175
Erläuterungen	176
1. Die Oxidation von Alkoholen und Thioalkoholen (53. Aufgabe)	176
2. Kohlenhydrate als Oxidationsprodukte mehrwertiger Alkohole	177
3. Chiralität, Enantiomere, Diastereomere (siehe auch 6. Kurstag)	178
4. Die D, L-Nomenklatur mit D-Glyceraldehyd als Bezugssubstanz	180
5. Die Stereoisomerie bei Aldosen und Ketosen	180
6. D-Glucose und D-Fructose und ihre cyclischen Halbacetal- bzw. Halbketal-Formen	181

7. Die reduzierende Wirkung von Aldosen und Ketosen (53. bis 55. Aufgabe)	182
8. Die glykosidische Bindung	183
9. Disaccharide – Reduzierende und nicht-reduzierende Zucker (55. Aufgabe)	184
10. Polysaccharide	185
11. Kurstag: Seifen – Kunststoffe – Proteine	187
Aufgaben	188
58. Aufgabe	188
59. Aufgabe	189
60. Aufgabe	189
61. Aufgabe	190
62. Aufgabe	191
63. Aufgabe	192
Erläuterungen	192
1. Fette und verwandte Verbindungen (58. Aufgabe)	192
2. Polymerisation (59. Aufgabe)	194
3. Polykondensation (60. Aufgabe)	196
4. Peptide, Proteine (61. bis 63. Aufgabe)	198
Anhang	201
Sachverzeichnis	249